QL
848
F5X
Birds

PRESSBOARD
PAMPHLET BINDER
Manufactured by
GAYLORD BROS. Inc.
Syracuse, N. Y.
Stockton, Calif.

Division of Birds

598.2 QL
.F52 848
Birds F5X
B585

ZOOLOGICA.

Original-Abhandlungen

aus

dem Gesamtgebiete der Zoologie.

Herausgegeben

von

Professor Dr. Carl Chun in Leipzig.

J
Ornithology

Heft 45.

Neunzehnter Band.

Erste Lieferung.

Inhalt:

G. Fischer, Vergleichend-anatomische Untersuchungen über den Bronchialbaum der Vögel.

Mit 5 Tafeln und 2 Textfiguren.

STUTTGART.
Verlag von Erwin Nägele.
1905.

ZOOLOGICA.

Original-Abhandlungen

aus

dem Gesamtgebiete der Zoologie.

Herausgegeben

von

Dr. Carl Chun in Leipzig.

Heft 45.

Vergleichend-anatomische Untersuchungen über den Bronchialbaum der Vögel

von

Dr. phil. Guido Fischer,
prakt. Zahnarzt in Hannover.

Mit 3 lithographischen und 2 Lichtdrucktafeln sowie 2 Textfiguren.

STUTTGART.
Verlag von Erwin Nägele.
1905.

D848
F5X
Birds

Vergleichend-anatomische Untersuchungen

über den

Bronchialbaum der Vögel

von

Dr. phil. Guido Fischer,

prakt. Zahnarzt in Hannover.

Mit 3 lithographischen und 2 Lichtdrucktafeln sowie 2 Textfiguren.

STUTTGART.

Verlag von Erwin Nägele.

1905.

Alle Rechte vorbehalten.

349680

SMITHSONIAN
MAR 23 1953
LIBRARY

Druck von Carl Rembold, Heilbronn a. N.

598.2
.F52
Birds

Inhaltsübersicht.

Pag.

Einleitung 1

Kap. 1. Technik 3
a. Wachsinjektion 3
b. Photoxylin- bezw. Celloidininjektion 3
c. Celluloidinjektion 4
d. Gelatineinjektion 5

Kap. 2. Untersuchungsmaterial 6

I. Makroskopischer Teil.

Kap. 3. Architektonik der Vogellunge 9

Kap. 4. Blutgefäßsystem 13

Kap. 5. Das Verhältnis des Bronchialbaums zur Pulmonalis 14

Kap. 6. Vergleichend anatomische Ergebnisse 15
a. Maßtabelle der Lumina der wichtigsten Bronchien bei 35 verschiedenen Vögeln 16
b. Tabelle über die Anzahl der wichtigsten Zweige der Bronchien bei 35 Vögeln . 17
c. Tabellarische Übersicht zur Vergleichung des Verzweigungsreichtums und der Kalibergrenzen der ventralen und dorsalen Bronchien bei 35 Vögeln 18

Kap. 7. Vergleichung der Lunge der Vögel mit jener der Säugetiere 20

II. Mikroskopischer Teil.

Kap. 8. 22

Kap. 9. Endverhalten des Bronchialbaums 24

Kap. 10. Verästelungssystem der feinsten Blutgefäße 26

Kap. 11. Histologische Angaben 28

Kap. 12. Histologische Befunde 29

Kurze Zusammenfassung der Gesamtresultate 31

Resumé 33

Literaturangabe 35

Tafelerklärungen 39

Ausgeführt im anatomischen Institut der Königlichen Tierärztlichen Hochschule zu Hannover.

Einleitung.

Seitdem um die Mitte des sechzehnten Jahrhunderts der Nürnberger Professor Coiter nachwies, daß die Lunge der Vögel an ihrer Oberfläche perforiert ist, wurde das Studium des respiratorischen Apparates dieser Tierklasse von seiten vieler bedeutender Anatomen und Physiologen bis in die Neuzeit eifrig betrieben. (Literatur pag. 36—39). Um eine kurze geschichtliche Übersicht zu bieten, will ich mit einigen Worten der Männer gedenken, denen wir die Kenntnis des überaus komplizierten Atmungsapparates der Vögel zu verdanken haben.

Im Jahre 1651 beobachtete Harvey, ein Schüler von Fabricius ab Aquapendente, zuerst, daß die Öffnungen in den Vogellungen Kommunikationen mit großen, membranösen Höhlen oder Luftsäcken herstellen, die in Brust und Bauch gelegen seien und die Funktion von Luftreservoiren hätten. Etwa hundert Jahre später entdeckten fast gleichzeitig der berühmte englische Physiologe Hunter und der holländische Anatom Camper, daß die Luft sich nicht nur in Lungen und Luftsäcken verbreite, sondern auch bis ins Innere der Knochen vordringe.

In den letzten beiden Jahrhunderten waren es besonders Cuvier (1795—1840), Sappey (1846), Owen (1836), Guillot (1846), Rainey (1849), Schröder (1860), Eberth (1863), Milne Edwards (1865), F. E. Schulze (1871), Huxley (1875), Campana (1875), Aeby (1880), Bignon (1887), Beddard (1888), G. Roché (1890), Miller (1893), Max Baer (1896), Gegenbaur (1901), die sich um die Aufklärung dieses Organs verdient gemacht haben.

Trotz dieser vielseitigen Bearbeitung blieb doch noch manches zu tun, um insonderheit den anatomischen Bau der Atmungswerkzeuge bis ins einzelne zu erforschen. Vornehmlich war es der Bronchialbaum selbst, der unerklärlicherweise vernachlässigt blieb. Man begnügte sich, den groben Bronchialverlauf an diesem oder jenem Vogel darzustellen, gab auch ein System der Endverzweigungen an, ohne jedoch letzteres auf Grund einwandsfreier Präparate nachgewiesen zu haben. Daher ist es nicht zu verwundern, daß man bezüglich der letzten Endigungen oft der Auffassung begegnet, daß die Lungenpfeifen mit ihren radiären Ausstrahlungen in traubige Ausbuchtungen, sogenannte Alveolen, blind ausliefen. Die einen nahmen zwischen diesen alveolären Bildungen Kommunikationen an, während andere das Vorhandensein derselben in Abrede stellten.

Auf diese Unklarheiten machte mich Herr Professor Boether, Direktor des anatomischen Instituts der Tierärztlichen Hochschule zu Hannover, aufmerksam und empfahl mir, die Bearbeitung dieses interessanten Themas in Angriff zu nehmen.

Ich möchte an dieser Stelle Herrn Professor Boether für die Benutzung seines Privatlaboratoriums und die in liebenswürdiger Weise zur Verfügung gestellten wertvollen Apparate und Instrumente des anatomischen Instituts, sowie besonders für das rege Interesse und seine wertvollen Unterstützungen während der Arbeit meinen ergebensten Dank ausdrücken.

Im Anschluß hieran erfülle ich noch eine tief empfundene Pflicht der Dankbarkeit, indem ich des mehrfach bewiesenen großen Interesses und des während der letzten drei Jahre überaus wohlwollenden Entgegenkommens gedenke, das mir in freundlicher Weise Herr Professor Dr. Chun, Direktor des zoologischen Instituts der Königlichen Universität Leipzig, bewiesen hat.

Dank der bereitwilligen Unterstützung dieser meiner hochverehrten Lehrer wurde meine Arbeit in allen Teilen günstig gefördert.

Kapitel 1.

Technik.

Zur Herstellung meiner Korrosionspräparate bediente ich mich verschiedener Injektionsvehikel und zwar gebrauchte ich hauptsächlich Wachsmassen, Celloidin-, Photoxylin- und Celluloidlösungen.

a. Wachsinjektion.

Als eine der ältesten Methoden kann die Benutzung heißer Wachsmasse zur Anfertigung von Korrosionen gelten. Von den verschiedenartigen Zusammensetzungen derselben wählte ich folgende Mischung:

3 Teile feinstes weißes Wachs,
2 Teile pulv. Colophonium,
1 Teil venet. Terpentin.

Nach Belieben kann ein säurebeständiger Farbstoff (Berliner Blau [Grübler] oder Zinnober) zugefügt werden.

Nachdem diese Substanzen über mäßigem Feuer gut verrührt worden sind, wird eine vorher angewärmte Metallspritze damit gefüllt. Man schiebt dieselbe alsdann in eine in die Trachea eines lebenswarmen Vogels eingebundene Kanüle und injiziert bei gleichmäßig schwachem Druck die etwa 50° heiße Wachsflüssigkeit. Sobald der Körper prall gefüllt erscheint, ist die Injektion genügend. Das Tier selbst wird zur raschen Abkühlung in kaltes Wasser gebracht und nach einigen Stunden zur Maceration in reine Salzsäure überführt. Nach wenigen Tagen ist die völlige Zerstörung des organischen Gewebes erfolgt (bei kalter Temperatur bedeutend langsamer), und das Präparat wird zur endgültigen Säuberung für längere Zeit (Stunden) in fließendes Wasser gelegt.

Dieser etwas umständlichen Methode haften mancherlei Schwierigkeiten an, einmal bezüglich einer glücklich zu treffenden Mischung, dann des allseitig bedingten Wärmegrades (50°) und schließlich nicht zum wenigsten des Umstandes wegen, daß nur lebenswarme Tiere hierbei in Betracht kommen können. Indes nicht immer, ja seltener, bestand mein Material aus lebenden Objekten, und so war ich gezwungen, zur Verwertung der verendeten Vögel andere Substanzen in Anwendung zu bringen. Unter diesen haben sich vornehmlich Photoxylin- und Celloidinlösungen für meinen Zweck als am geeignetsten erwiesen.

b. Photoxylin- bezw. Celloidinlösungen zur Injektion.

Man stellt sich eine dicke Lösung von Photoxylin- bezüglich Celloidin her (in gleichen Teilen Alcohol absolutus und Äther sulfuricus), nachdem die käufliche, wasserhaltige Schieß-

baumwolle (Celloidinwolle) gut getrocknet wurde. Ist die Kanüle fest in die Trachea des zu injizierenden Vogels eingebunden, bereite man die eigentliche Injektionsflüssigkeit frisch zu. Mehlartig fein verriebenes Zinkweiß oder Zinnoberpulver wird zunächst in einer Alkoholäthermischung (alcoh. absol. aeth. sulf. āā) tüchtig verrieben und allmählich dicke Photoxylin- bezügl. Celloidinlösung hinzugefügt, so daß eine weiße bez. rote sirupdicke Masse gewonnen wird. In einer besonderen Schale fertigt man unter Benutzung dieser dicken Lösung und der gleichen Quantität Alkoholäther eine dünne Mischung an, welche zunächst langsam und mit großer Vorsicht injiziert wird. Alsdann schickt man die dicke Lösung nach, bis der Körper stark aufgetrieben ist. Infolge der raschen Verdunstung des Alkoholäthers ist es für das Gelingen einer brauchbaren Injektion von höchster Wichtigkeit, von Zeit zu Zeit (etwa jede halbe Stunde) den Stempel der hier zu verwendenden Schraubenspritze nachzudrehen, um das Objekt dauernd in prallem Zustande zu erhalten. Dadurch wird die Injektionsmasse allmählich dichter, und ihre einzelnen Bestandteile werden miteinander in enge und feste Verbindung gebracht. Je nach der Größe des Tieres erfordert diese Maßnahme Stunden und Tage, bis der Photoxylin- bez. Celloidinbrei völlig erstarrt ist. Nach der Maceration des injizierten Vogels in reiner Salzsäure wird das Präparat in fließendem Wasser längere Zeit ausgewaschen, um endlich in einer Mischung von Alcohol absolutus, Glycerin und Aqua destillata āā aufbewahrt zu werden.

Nicht immer war jedoch die Einwirkung der reinen Salzsäure von gewünschtem Erfolge, namentlich nicht bei kleineren und besonders feinen Ausgüssen. Bei diesen erzielte ich mit einem künstlichen Verdauungsgemisch:

Acid. oxal. 6,0
Pepsin. pulv. 1,50
Aqua dest. 200,0

bessere Resultate, so daß ich später selbst größere Objekte nach oberflächlicher Maceration in Acid. hydrochl. in diese Mischung brachte, um daselbst den Zerstörungsprozeß zu vollenden, vor allem aber muß diese künstliche Verdauung unter bestimmten Kautelen vor sich gehen, nämlich im Thermostat bei einer beständigen Temperatur von ca. 40°. Auch hier ist ein Auswässern des Präparates vor Überführung in die Aufbewahrungsflüssigkeit bedingt.

Bemerkt sei noch, daß die mit Zinnober versetzte Photoxylin- bez. Celloidinlösung schönere Resultate lieferte, als eine solche mit Zusatz von Zinkweiß. Die Partikelchen des letzteren sind in der Lösung jedenfalls nicht so fein verteilbar, wie jene des Zinnobers; daher eignet sich dieses hervorragend für Mischungen, welche zu feinsten Ausgüssen gebraucht werden sollen.

c. Celluloidinjektion.

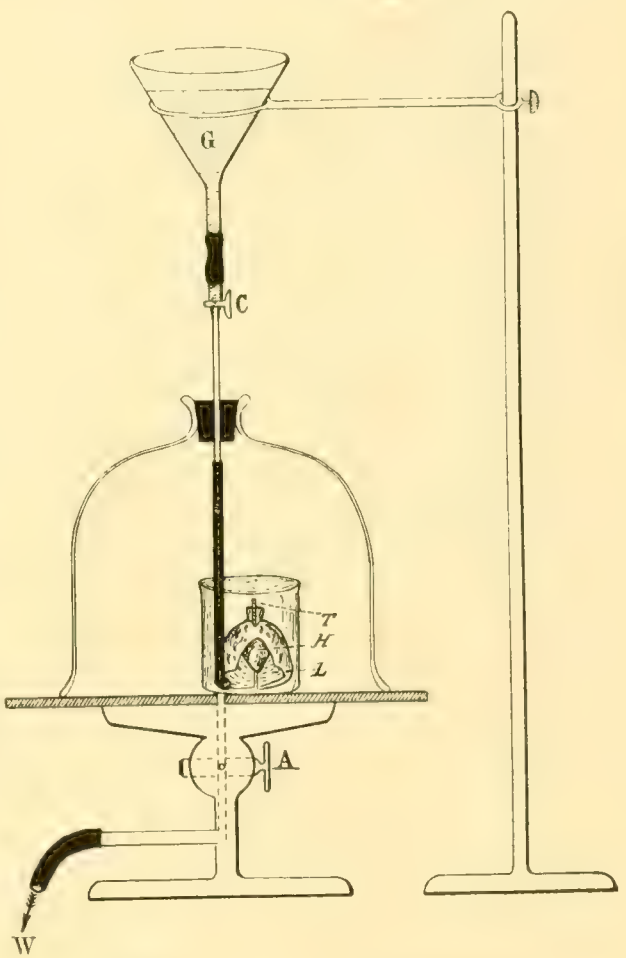
Während diese eben beschriebene Methode zur Darstellung der gröberen Bronchialsysteme verwandt wurde, wählte ich zur Injektion von Blutgefäßen eine gefärbte Celluloidmasse. Celluloidabfälle werden in Aceton. pur. gelöst, so daß eine sirupdicke Masse entsteht. In einem zweiten Gefäß verrührt man eine kleine Quantität sehr fein pulverisiertes Kieselgur und ebensoviel Zinnoberpulver in Aceton. pur. Beide Mischungen werden zusammengegossen und geben eine homogene Masse, welche sich für äußerst feine Ausgüsse

eignet. Die Injektion mit dieser Substanz wurde meist vom Herzen oder direkt von der Arteria pulmonalis aus bei gleichmäßigem Druck vermittelst einer Schraubenspritze ausgeführt. Da nun das Lösungsmittel dieser Masse (Aceton. pur.) die gleiche Verdunstungsneigung zeigt wie die Alkoholäthermischung des Photoxylins, so kommen hier wieder dieselben Maßnahmen wie dort in Betracht. Die Maceration erfolgt in gleicher Weise anfangs in Acid. hydrochl. und später im künstlichen Verdauungsgemisch. Zum Unterschied von Photoxylinpräparaten aber können die hier erhaltenen Korrosionen trocken aufbewahrt werden und zeichnen sich überdies durch große Zähigkeit und Haltbarkeit aus.

Für Bronchialausgüsse schien mir die Celluloidmasse indes weniger geeignet, weil sie leicht durch die zarten Wandungen der letzten Luftwege diffundiert und in umliegende Gewebspartien eindringt. Versuche dieser Art ergaben unklare Präparate, so daß ich ihre Anwendung auf Injektionen der mit stärkeren Wandungen versehenen Blutgefäße beschränken mußte.

d. Gelatineinjektion.

Während ich nach eben geschilderten Methoden makroskopische Ausgüsse anfertigte, suchte ich die Darstellung der mikroskopisch feinen Luftwege auf andere Weise zu erreichen. Zunächst hielt ich es für nötig, die Luft aus der zu injizierenden Lunge zu pumpen, um eine möglichst vollständige Füllung zu erreichen. Sofort nach dem Tode des Vogels wird der Thorax desselben mit der darin befindlichen unverletzten Lunge und dem Herzen von allen ihn umgebenden Körperteilen befreit. Dieses Thoraxstück wird in einen Glascylinder gebracht und an dessen Boden mit einem Metallgewicht beschwert, um ein Hochsteigen in der später in das Glas fließenden Gelatine zu verhindern. Der Brustkorb mit der Lunge nimmt möglichst eine senkrechte Lage in dem Behälter ein und zwar so, daß die Trachea oberhalb der Lunge nach der Öffnung des Gefäßes zu gerichtet ist. Das letztere wird unter der Luftpumpenglocke aufgestellt. Der Kopfteil der Glocke ist mit einem Gummistöpsel luftdicht verschlossen, durch welchen ein Glasrohr mit einem eingeschmolzenen Glashahn in das Innere derselben hineinragt. An dieser Röhre wird ein Gummischlauch befestigt, der bis auf den Boden des unter der Glocke befindlichen Gefäßes reichen muß. (Siehe Textfigur 1.) Nach Schließen des Hahnes bei C, Öffnen des Luftsaugeventils bei A wird die Wasserluftpumpe in Tätigkeit gesetzt. Nachdem die Luft bis auf ein Vakuum von 100 mm Druck



Textfigur 1. W = Wasserdruckgebläse.

abgesogen wurde, läßt man von obenher durch Glasröhre und Gummischlauch die 50° warme Gelatine langsam in das unter der Glocke befindliche Glas einfließen, und zwar soweit, bis die Trachea reichlich von der Injektionsmasse bedeckt wird. Durch vorsichtiges Öffnen des Luftventils bei A läßt man alsbald die atmosphärische Luft ganz allmählich unter die Glocke treten. Hierbei zeigt sich nun, daß die Gelatinemasse infolge des von außen einwirkenden Druckes im Glase langsam um ein weniges einsinkt, und jene im Behälter gelegene Lunge erst jetzt völlig von der Flüssigkeit ausgefüllt wird. Das Glas stellt man zur raschen Abkühlung in Eiswasser, nimmt einige Stunden später den injizierten Thorax aus der steif gewordenen Gelatinemasse und bringt ihn zur Fixierung und Härtung in 20% Formalinlösung. Nach 24 bis 48 Stunden können Lungenstückchen durch die Alkohole geführt, in Paraffin eingebettet und in dünnen Schnitten untersucht werden. Nach Möglichkeit vermied ich aber diese Art der Einbettung, weil das mit Gelatine injizierte Material durch die Entwässerung meist so hart und brüchig wird, daß gute Schnitte nur selten gelingen. Ich wählte später statt dessen eine recht einfache, sehr zweckmäßige Methode, indem ich die Lungenstückchen auf Korkwürfeln mit angewärmter Glyceringelatine aufklebte und das Ganze in 96° Alkohol erhärten ließ. Mit einem gut befeuchteten (Alkoh.) schräg gestellten Messer konnte ich nach 24 Stunden sehr saubere und dünne (bis 6 μ) Schnitte anfertigen.

Diese technischen Notizen sollen auf die Methoden hinweisen, die ich im Laufe der Untersuchungen als die besten erkannt habe. Die Gelatineinjektion speziell erfuhr infolge der bei früheren Methoden stets erfolgten Zerreißungen der feinsten Luftwege eine eingehende Modifikation, bis endlich die Imbibition des interstitiellen Lungengewebes sowie der lockeren Adventitia der Blutgefäße vermieden und eine korrekte Füllung des Bronchialsystems erreicht wurde.

Im mikroskopischen Teil der Arbeit werde ich noch kurz auf einige Injektionsweisen zurückkommen, die ich anfangs benutzt hatte. Ebenso will ich später die Anfertigung meiner histologischen Präparate berühren.

Kapitel 2.

Untersuchungsmaterial.

(Aufgestellt nach Leunis, Synopsis der Tierkunde 1883.)

	Exempl.
Classis: **Aves.**	
Ordo: Impennes.	
Familia: Spheniscidae.	
Genus: Aptenodytes Forst.	
Species: Eudyptes (Embryonen)	2
Ordo: Longipennes.	
Familia: Laridae.	
Genus: Larus Linné.	
Species: Larus argentatus Brünnich	1
Larus canus Linné	1
Larus fuscus Linné	1
Ordo: Lamellirostres.	
Familia: Fuligulidae.	
Genus: Fulix Sund.	
Species: Fulix cristata Steph.	2
Genus: Oidemia Flem.	

	Exempl.
Species: Oidemia nigra Gray	1
Familia: Anatidae.	
Genus: Anas Linné.	
Species: Anas boschas Linné	5
Anas metopias Popp	1
Anas crecca Linné	3
Anas acuta Linné	1
Anas strepera Linné	2
Anas penelope Linné	2
Genus: Dendrocycna.	
Species: Dendrocycna fulva Gm.	1
Genus: Spatula Boie.	
Species: Spatula clypeata Boie	2
Familia: Tadornidae.	
Genus: Tadorna Leach.	
Species: Tadorna vulpanser Flem.	1
Tadorna tadornoides J. u. S.	1
Familia: Anseridae.	
Genus: Anser Linné.	
Species: Anser domesticus Linné	1
Anser segetum Bechst.	1
Anser ferus Linné (Embryo)	1
Cereopsis Novae-Hollandiae Lath.	1
Familia: Cygnidae.	
Genus: Cygnus Linné.	
Species: Cygnus atratus	1
Ordo: Grallae.	
Familia: Hemiglottides.	
Genus: Platalea Linné.	
Species: Platalea leucorodia Linné	1
Familia: Ardeidae.	
Genus: Botaurus Steph.	
Species: Botaurus stellaris Steph.	1
Genus: Ardea.	
Species: Ardea cinerea Linné	1
Familia: Gruidae.	
Genus: Anthropoides Vieill.	
Species: Anthropoides virgo Vieill.	1
Familia: Rallidae.	
Genus: Fulicula Linné.	
Species: Fulicula atra Linné	1

	Exempl.
Familia: Charadriidae.	
Genus: Haematopus Linné.	
Species: Haematopus ostrealegus Linné	1
Familia: Scolopacidae.	
Genus: Numenius Linné.	
Species: Numenius arquatus Linné	1
Genus: Scolopax Linné.	
Species: Scolopax rusticola Linné	1
Ordo: Gallinacei.	
Familia: Phasianidae.	
Genus: Gallus Linné.	
Species: Gallus domesticus Briss.	6
Genus: Phasianus Linné.	
Species: Phasianus torquatus Linné	1
Phasianus pictus Linné	1
Ordo: Columbinae.	
Familia: Columbidae.	
Genus: Columba Linné.	
Species: Columba liv. dom. Linné	25
Columba liv. tabellaria Linné	15
Ordo: Raptatores.	
Familia: Falconidae.	
Genus: Tinnunculus Vieill.	
Species: Tinnunculus rufipes Beseke	1
Tinnunculus alaudarius Gray	1
Genus: Falco Vig.	
Species: Falco subbuteo Linné	1
Genus: Aquila Moehr.	
Species: Aquila chrysaëtus Bp.	1
Genus: Buteo Bechst.	
Species: Buteo vulgaris Bechst.	5
Buteo Variet. Amerik.	1
Genus: Pernis Cuv.	
Species: Pernis apivorus Gray	3
Genus: Milvus Cuv.	
Species: Milvus regalis Cuv.	1
Milvus parasiticus	1
Genus: Nisus Cuv.	
Species: Nisus comunis Cuv.	1
Familia: Strigidae.	
Genus: Otus Cuv.	

	Exempl.
Species: Otus brachyotus Cuv.	1
Otus vulgaris Flem.	1
Genus: Syrnium Sav.	
Species: Syrnium aluco Boie	1
Genus: Strix Sav.	
Species: Strix flammea Linné	2
Ordo: Passeres.	
Subordo: Oscines.	
Familia: Corvidae.	
Genus: Corvus Linné.	
Species: Corvus corone Lath.	3
Familia: Icteridae.	
Genus: Molothrus Gm.	
Species: Molothrus bonariensis Gm.	3
Familia: Fringillidae.	
Genus: Emberiza Linné.	
Species: Emberiza schoeniclus Linné	1
Genus: Passer Linné.	
Species: Passer dom. Linné	6
Genus: Cardinalis Bp.	
Species: Cardinalis virginianus Bp.	2
Genus: Spermestes.	
Species: Spermestes Swinhoe Cab.	
Variet.	10
Genus: Habropyga Gould.	
Species: Habropyga castanotis Gould	3
Subordo: Clamatores.	
Familia: Cotingidae.	
Genus: Gymnocephalus Geoffr.	
Species: Gymnocephalus calvus Geoff.	3
Familia: Anabatidae.	
Genus: Furnarius Vieill.	
Species: Furnarius rufus d'Orb.	1
Ordo: Pici.	
Familia: Picidae.	
Genus: Dendrocopus Koch.	
Species: Dendrocopus major Koch	1
Ordo: Psittaci.	
Familia: Psittacidae.	
Genus: Chrysotis Swains.	
Species: Chrysotis amazonica	2
Genus: Eclectus Wayl.	
Species: Eclectus pectoralis Wayl	1
Genus: Psittacus Swains.	
Species: Psittacus erithacus Linné	2

Hinsichtlich der Aufzählung der einzelnen Species ist zu bemerken, daß mit der niedersten Gruppe, den Pinguinen, begonnen wurde, während die Papageien als die höchst entwickelten Vögel die Reihenfolge abschließen.

I.

Makroskopischer Teil.

Kapitel 3.

Architektonik der Vogellunge.

Zum besseren Verständnis der Beschreibung des Bronchialbaumes der Vögel empfiehlt es sich, zuerst auf die in vorliegender Arbeit zur Anwendung gebrachten Namen und Lagebestimmungen kurz hinzuweisen:

Die zwischen Rippen und Wirbelsäule gelegene Lungenportion wird als obere dorsale, der dem Herzen und Brustbein zugekehrte Teil als untere ventrale Lungenoberfläche bezeichnet. In der Längsrichtung mußten drei Abschnitte der Lunge unterschieden werden: ein vorderes craniales, dann ein zweites mittleres und zuletzt ein hinteres caudales Drittel. An der Hand dieser Bezeichnungen spreche ich von vorn und cranial, mitten und medial, hinten und caudal, oben und dorsal, unten und ventral. Die längs der Wirbelsäule verlaufenden Lungenpartien werden innen und medial, die am weitesten davon entfernten außen und lateral auch distal genannt.

An Stelle der bisherigen allgemeinen Bronchialeinteilung führte ich zur besseren Charakteristik Einzelnamen der Bronchien ein. Ich ging von der Erwägung aus, daß vornehmlich Lage und Richtung der betreffenden Organteile die wesentlichen Faktoren bei Festsetzung einer übersichtlichen Nomenklatur sein müßten und unterschied einen cervicalen, clavicularen, vorderen und hinteren diaphragmatischen sowie einen abdominalen Luftsack. Die in dieselben mündenden Bronchien benannte ich demzufolge Bronchus cervicalis, clavicularis, diaphragmaticus anterior und posterior. Für den Hauptbronchus allein behielt ich die Bezeichnung Mesobronchium bei, während die Dorsalbronchien als Bronchi dorsales aufgeführt wurden. Jene bislang als 2., 3. und 4. Entobronchium bezeichneten Äste benannte ich Bronchus clavicularis dorsalis, diaphragmaticus anterior und caudalis. Neu unterschieden wurden die Bronchi medialis und lateralis.

Die Lungen der Vögel sind verhältnismäßig klein, aber der Größe der respiratorischen Fläche und der Dichtigkeit des Kapillarnetzes wegen sehr leistungsfähig. Sie liegen paarig symmetrisch gestaltet in der Brusthöhle unter der Wirbelsäule und dem dorsalen Teil der Rippen. „Die ventrale freie, der Körperhöhle zugewendete Fläche wird zum großen Teil von dem rudimentären, sehnigen Zwerchfell bedeckt, welches sich durch sparsame Muskelbündel an den Rippen und sehnig an der Wirbelsäule befestigt. Durch Öffnungen, welche sich an

der ventralen Fläche der Lunge vorfinden, stehen die Bronchien mit den Luftsäcken in Verbindung. Das craniale zugespitzte Ende reicht bis zur ersten Rippe, das caudale breite Ende bis zu den Nieren." (Ellenberger und Baum 15. pag. 937.) (1900 pag. 36.)

Die Vogellunge selbst ist nie in Lappen gespalten wie die Säugetierlunge. Ihre ventrale Oberfläche ist leicht konkav gebogen, die dorsale hingegen stets konvex gestaltet und in die korrespondierenden Partien der Thoraxwand so eingefügt, daß durch die Rippen quer verlaufende Einkerbungen in ihr entstehen.

a. Hauptbronchus.

Siehe Taf. I, Fig. 1—6.)

Der aus der Bifurkation der Trachea hervorgehende Hauptbronchus (Mesobronchium Huxley 1875 pag. 36) tritt jederseits an der ventralen Fläche der Lunge in dieselbe ein und zwar zum größten Teil am Anfang des zweiten Drittels; seltener genau in der Mitte derselben bei *Ardea cinerea*, *Botaurus stellaris*, *Platalea leucorodia*, *Cygnus atratus*, *Tadorna tadornoides* und *Anas domestica*. Bald nach seinem Eintritt in die Lunge erweitert er sich ampullenartig zu einem Vestibulum, von dem aus sich mehrere große Bronchien abzweigen. Unter allmählichem Verlust der Knorpelringe durchzieht die intrapulmonare Portion dieses Mesobronchium leicht dorso-lateral gebogen die Lungensubstanz, um am hinteren lateralen Rande mit weiter Öffnung, dem Ostium posterius, in den abdominalen Luftsack überzugehen. Während dieses Verlaufes entsendet der Hauptstamm noch verschiedene dorsal und ventral gerichtete Äste und teilt sich etwa zu Anfang seines zweiten Drittels in einen dorsal-fortziehenden und in einen ventralwärts absteigenden Kanal, welch' letzteren ich Bronchus diaphragmaticus posterior bezeichne. Derselbe ist zwar sehr kurz, aber verhältnismäßig weit und führt die Luft durch das geräumige Ostium intermedium posterius in den hinteren diaphragmatischen Luftsack. Sein Ostium liegt auf der ventralen Oberfläche, fast am lateralen Lungenrande und am Anfang des distalen Drittels der Lunge.

Von diesem Mesobronchium aus nehmen zwei Bronchialbezirke ihren Ausgang, der ventrale auf der Innen-, der dorsale auf der Außenfläche. Bei der weiteren Beschreibung sollen daher diese beiden Systeme für sich und nacheinander berücksichtigt werden.

b. Ventrales Bronchialsystem.

(Siehe Taf. I, Fig. 1—5.)

Das Mesobronchium gibt kurz nach seinem Eintritt in die Lunge noch vor seiner Erweiterung zum Vestibulum aus seiner medio-dorsalen Wand den ersten Ventralbronchus ab, den ich Bronchus clavicularis benennen will. (Siehe Fig. 1 u. 2.) Er ist als erstes Entobronchium- (Gadow 1890 p. 36) -bronche diaphragmatique = Sappey bekannt. Mit seinem Hauptast, den ich als Bronchus cervicalis bezeichne, beherrscht er durch reiche Verzweigungen das vordere ventrale Lungengebiet. Er selbst biegt bald nach seinem Ursprung in kurzer nach dem lateralen Rande zu gerichteter Kurve um die Wurzel des Mesobronchium

sowie um die lateralwärts davon gelegene Pulmonalis und schickt seine Zweige über den cranialen und lateralen Rand hinweg nach der dorsalen Oberfläche. Vermittelst des lateral von der Wurzel des Mesobronchium befindlichen Ostium claviculare versorgt er den gleichnamigen Luftsack und setzt seinen bogenförmigen Lauf rings um den Stammbronchus bis genau hinter denselben und hinter die hier verstreichende Vena pulmonalis fort. Knapp vor der Lungenmitte endigt er mit einem kräftigen sich nach dem lateralen Rand zu verästelnden Zweig, der noch an seiner Abgangsstelle durch eine schmale Öffnung mit dem vorderen diaphragmatischen Luftsack in Verbindung steht.

Der bereits erwähnte Bronchus cervicalis setzt die anfänglich gerade Richtung seines Mutterstammes fort und begibt sich zur vorderen Lungenspitze, um kurz vor derselben durch das Ostium cervicale in den gleichnamigen Luftsack einzumünden. Auch er sendet eine reiche Anzahl Zweige über den cranialen und medialen Lungenrand nach der dorsalen Oberfläche.

Von der medio-dorsalen Wand des Mesobronchium etwas oberhalb von dem vorigen gehen am Ursprung miteinander verschmolzen, aber später divergierend, der Bronchus clavicularis dorsalis (2. Entobronchium) und der Bronchus medialis ab. Ersterer durchdringt genau parallel zu dem unter ihm auf der ventralen Oberfläche sich hinziehenden Bronchus clavicularis im gleichen Bogen die innere Lungensubstanz, verästelt sich in derselben und gibt auch Zweige an den clavicularen Luftsack ab. (Siehe Fig. 1 u. 3.) Der Medialbronchus dagegen strebt geraden Weges zum medialen Rand, über den hinweg er sich mit seinen Zweigen dorsalwärts begibt.

Oberhalb vom Ausgangspunkt dieser Luftwege, etwas mehr lateral als dorsal, geht der Bronchus diaphragmaticus anterior (3. Entobronchium) nach äußerst kurzem Laufe zur hinteren medialen Ventralfläche hinab, um durch das Ostium intermedium anterius, welches medio-caudalwärts nahe am Mesobronchium liegt, in den vorderen diaphragmatischen Luftsack einzumünden.

Während die soeben geschilderten Bronchien mit Ausnahme des Bronchus medialis Verbindungen mit Luftsäcken herstellen, sind die nun folgenden ausschließlich zur Ventilation der Lunge selbst bestimmt. Nach Abgabe dieser Kanäle nämlich beginnt der Hauptbronchus sich zum Vestibulum auszudehnen, von dem aus verschiedene kräftige Äste entsendet werden.

Von der unteren dorso-medialen Wand der ampullenartigen Erweiterung zieht der Bronchus caudalis (4. Entobronchium), weitaus der gewaltigste ventrale Stamm, auf dem medialen Rande entlang zum hinteren und mittleren Lungenende. Sein Lumen verengert sich auf diesem Wege allmählich, bis er sich schließlich in feine Ästchen auflöst. Medialwärts gehen von ihm mehrere parallel nach dem oberen dorsalen Rand aufsteigende und sich weiter verzweigende Kanäle ab, die nach dem Ende ihres Mutterbronchus zu entsprechend kleiner werden. Distalwärts entspringt nur ein kräftiger Ast, der Bronchus lateralis, welcher sich unmittelbar nach seinem Ursprung in zwei Stämmchen gabelt, deren vorderer leicht gebogen hinter dem Mesobronchium und der Vena pulmonalis schräg nach außen und vorn zuläuft, während der hintere, parallel zum Caudalbronchus, mit seinen lateralwärts abgehenden Gängen die weitere Versorgung des hinteren ventralen Lungenabschnittes übernimmt.

Das gesamte ventrale Gebiet der Lunge muß mit Rücksicht auf die Art der Verästelung in zwei Teile geschieden werden — einen vorderen und einen hinteren —, deren Grenze die Eintrittsstelle des Hauptbronchus in die Lunge im Verein mit dem Bronchus caudalis bildet. Bemerkenswert ist schließlich noch, daß der vordere Abschnitt vornehmlich von großkalibrigen Ästen beherrscht wird, während im Bereiche des hinteren das für die Vogellunge charakteristische Lungenpfeifensystem zur Ausbildung gelangt. (Siehe Fig. 5.)

c. Dorsales Bronchialsystem

(Siehe Taf. I, Fig. 1 u. 6.)

Von der intrapulmonaren Portion des Hauptbronchus aus gehen eine Anzahl fast gleichweiter Bronchien zur dorsalen Lungenfläche, welche mit ihren meist parallel verlaufenden Kanälen die mediale Lungenhälfte ausfüllen. Ich bezeichne sie als Bronchi dorsales (Ektobronchien Gadow 1890, p. 36, bronches costales Sappey). Ihre Zahl schwankt normalerweise zwischen 6 und 10. (Siehe Tabelle 1—3, pag. 16—18.) Sie entspringen von der medio-dorsalen Wand des Mesobronchium, und zwar die beiden obersten vom Vestibulum selbst, während die nachfolgenden im Hauptbronchus wurzeln. Auf der dorso-lateralen Lungenhälfte ist ferner ein gleichkalibriges und netzartig verbundenes Kanalsystem erkennbar, welches dadurch entstanden zu denken ist, daß die aus dem Lungeninnern hervortretenden Lungenpfeifen unter sich und mit sämtlichen umliegenden Bronchien Anastomosen eingegangen sind. Mithin kann auch hier auf der Dorsalseite ein gröberes und ein feineres Verästelungssystem unterschieden werden, das aber nicht — wie ventralwärts — auf der vorderen und hinteren, sondern auf der inneren und äußeren Lungenhälfte ausgeprägt ist.

Die von den Ventralbronchien ausgehenden Verzweigungen verstreichen, wie bereits angeführt wurde, größtenteils zur dorsalen Lungenseite. Wir können bei Betrachtung der Dorsalfläche deutlich wahrnehmen, wie die Ventraläste nach Erreichung des Lungenrandes umbiegen und nun direkt in die ihnen entgegenkommenden Ästchen der Bronchi dorsales übergehen. Die letzten Ausläufer der Bronchien besitzen überdies eine meist gleiche Kaliberstärke, welche im entsprechenden Einzelfall dem Lumen der zugehörigen Lungenpfeifen entspricht. (Siehe auch Tafel IV—V.)

d. Lungenpfeifensystem.

(Siehe Taf. I, Fig. 7 u. 8.)

Das Lungeninnere wird von zahlreichen gleichweiten Gängen durchsetzt, welche von den intrapulmonaren Bronchien allseitig, von den oberflächlich verstreichenden einseitig abgehen. Nur der Hauptbronchus selbst macht von dieser Regel eine Ausnahme, indem er erst nach Erweiterung zum Vestibulum nur von seiner dorsalen Wand aus mit den Kanälen anastomosiert, seine mediale und ventrale Wand hingegen stets geschlossen bleibt. Sie sind unter dem Namen Lungenpfeifen bekannt (Parabronchia Huxley 1875 pag. 36, cannaux tertiaires Cuvier, Bronchial tubes Rainey, canaliculi aeriferi Schulze 1871 p. 36). Ich bezeichne sie als Bronchi fistularii. (Siehe Taf. I, Fig. 7.) Unter rechtem Winkel ziehen dieselben

meist parallel angeordnet von außen und oben nach innen und unten der Lunge hin. Sie bilden größtenteils die vermittelnden Kanäle zwischen der dorsalen und ventralen Lungenoberfläche sowie die Verbindungsbrücken des hinteren medialen und distalen Lungenrandes und werden ungefähr in der Mitte der Lungensubstanz durch Seitengänge, die sämtlich in einer Ebene liegen und das Lumen der Pfeifen besitzen, miteinander vereinigt.

Meine Schilderung vom gröberen Bronchialbaum der Vögel mag den bisherigen Mangel einer eingehenden Darstellung ersetzen. Außer von Gadow (1890) und Max Baer (1896) sind genauere Beschreibungen desselben nicht geliefert worden. Selbst die Angaben der letzteren haben das Gebiet noch nicht erschöpft, und noch weniger wurden vergleichend-anatomische Untersuchungen auf diese interessanten Organe ausgedehnt, so daß ich hier noch ein dankbares Feld der Forschung vorfand.

Kapitel 4.

Blutgefäßsystem.

(Siehe Taf. I, Fig. 9, 10 u. 11.)

Mit dem speziellen Studium der Lungengefäße habe ich mich nicht eingehend befaßt. Da ich indessen von einigen Gefäßinjektionen mehrere brauchbare Präparate erhielt, so möchte ich die Befunde nicht unerwähnt lassen. Bevor ich dieselben hier anführe, will ich die Worte Max Baers (1896, pag. 36), welche auf die Blutwege Bezug nehmen, citieren:

„Die Arteria und Vena pulmonalis sind relativ sehr stark, die letztere nur einfach vorhanden. Beide verästeln sich im gemeinschaftlichen Verlauf dichotomisch, ohne an die Bronchien gebunden zu sein, und lösen sich in außerordentlich zahlreiche Endverzweigungen pinselförmig auf."

Auf meine Resultate übergehend, weise ich auf folgendes hin: Die Arterie tritt etwas seitwärts und vor dem Mesobronchium in die Lunge ein und teilt sich kurz darauf in zwei Hauptstämme, welche die medio-craniale und latero-caudale Lungenhälfte mit Blut versorgen. (Siehe Taf. IV, Fig. 8.) Der erste vorn abbiegende Ast verstreicht nach dem medialen Lungenrande und gibt auf seinem Wege allmählich schwächer werdende Äste in immer kürzeren Zwischenräumen ab. Der zweite kräftigere Ast bildet die Fortsetzung des eigentlichen Hauptstammes und verläuft caudalwärts zum mittleren hinteren Lungengebiet, in welchem er sich in zahlreiche allseitig abgehende Zweige auflöst. An seiner Basis gibt er einen kräftigen Kanal ab, welcher von der Wurzel des Hauptbronchus und längs dessen lateraler Wand bis zum lateralen hinteren Lungenrand verstreicht. Derselbe ernährt hauptsächlich den seitlich vom Mesobronchium gelegenen Lungenabschnitt.

Die feinere Verzweigung der Pulmonalis geht mit großer Regelmäßigkeit vor sich, indem die in immer kürzeren Zwischenräumen radiär abgehenden Nebenäste sich wiederholt dichotomisch teilen, bis die letzten Ausläufer pinselförmig oder büschelartig dicht gedrängt in das Blutkapillarnetz übergehen. (Siehe Taf. I, Fig. 9, 10, 11, Taf. V die Korrosionspräparate der Pulmonalis.)

Kapitel 5

Das Verhältnis des Bronchialbaums zur Pulmonalis.

Wie erwähnt, tritt die Arterie seitlich und dicht vor dem Mesobronchium in die Lunge ein. Nach ihrer ersten Teilung zieht sie noch eine kurze Strecke an der vorderen Wand des Mesobronchium dahin, biegt nach Entsendung eines lateralen Stammes medialwärts um den Hauptbronchus um, trennt sich von ihm und verstreicht fast geraden Weges zur medialen hinteren Lungenspitze, während jener entgegengesetzt zum lateralen hinteren Rand verläuft. (Taf. I, Fig. 9.) Aeby (1880 pag. 36) hat nun den Satz aufgestellt, daß die Lungenarterie in der Wirbeltierreihe auf die Gestaltung des Bronchialbaumes einen entscheidenden Einfluß ausübe. Auf Grund von Korrosionspräparaten zahlreicher Säugetierlungen zeigte dieser Forscher, daß die Pulmonalis an der Seite des Hauptbronchus dahinziehe und in einem bestimmten Verhältnis zu ihm gelagert sei. In diesem Verhalten erblickte er ein hochwichtiges Moment für die Entwickelung des Bronchialbaums in der Wirbeltierreihe und stellte an der Hand seiner Untersuchungen, die er nicht nur auf die Säugetierlungen, sondern auch auf jene der Reptilien und Vögel ausgedehnt hatte — allerdings auf Grund nur weniger Präparate, die nicht abgebildet worden sind —, ein ep- und hypartielles Bronchialsystem auf. Prüfen wir, wie sich unsere heutige Kenntnis vom Bau der Vogellunge zur Theorie Aebys stellt, so müssen wir folgendes konstatieren:

Wenn auch die Pulmonalis nicht gleiche Verästelungswege mit dem Bronchialbaum einschlägt, ja überhaupt selbständig ohne jede Rücksicht auf den Bau des letzteren in der Hauptlungenmasse zur Ramifikation schreitet, so bin ich doch weit entfernt, aus diesem Befunde den Einfluß der Arterie auf die Luftwege zu leugnen. Die ausgesprochene Zweiteilung des Bronchialbaumes in der Vogellunge aber gibt uns weit mehr als in der Säugetierlunge die Berechtigung, ein ep- und hyparterielles System zu unterscheiden. Die Pulmonalis gelangt zwischen beiden Bezirken zur Ausbreitung und ermöglicht durch ihre anatomische Lage eine strenge Scheidung in Bronchien, die über ihr dorsal- und in solche, die unter ihr ventralwärts verlaufen. (Taf. I, Fig. 9; Taf. IV, Fig. 2.) Es entsprechen demgemäß die in früheren Kapiteln bereits unterschiedenen Dorsal- und Ventralbezirke jenen, welche wir hier als ep- und hypartielle Systeme kennen lernen.

Vergleicht man schließlich den Verlauf der feineren Blut- und Luftwege miteinander, so zeigt es sich, daß der noch zu erörternden radiären Gruppierung der Bronchioli um die Bronchi fistularii eine radiäre Anordnung des Blutkapillarsystemes parallel geht. Beide Systeme nehmen eine gleiche Verlaufsrichtung und suchen sich in ihren letzten Verästelungen geradezu auf, indem die beiderseits entwickelten Kapillaren dicht nebeneinander dahinziehen. Durch zahlreiche Kommunikationen bilden dieselben jederseits ein Netz von Kanälen und sind somit abwechselnd miteinander verschlungen. (Taf. II, Fig. 5.) Diese überaus zierliche Verteilung von Luft- und Blutwegen in einem relativ kleinen Raume führt uns zu dem berechtigten Schluß, daß die Vogellunge selbst den höchsten Ansprüchen an ihre respiratorische Leistungsfähigkeit gerecht zu werden im stande ist. Von der erstaunlichen Energie dieses Organs waren zwar die früheren Autoren hinreichend überzeugt, aber noch immer fehlte der Nachweis, daß der feinere anatomische Bau der Leistung parallel geht. Noch

Gegenbaur (1901 pag. 36) sucht in der Komplikation der Vogellunge schlechthin den Faktor, der diesen ergiebigen Gasaustausch bedingt, indem er sagt:

„Somit ist in der Vogellunge eine zwar sehr mannigfaltige, aber doch im allgemeinen übereinstimmende Struktur ausgeführt, welche alle übrigen an Komplikation übertrifft. Dadurch sind wir berechtigt, das Organ als vollkommenstes an das Ende der Lungengebilde zu stellen, wenn auch entfernte Vorbereitungen dazu bereits bei Reptilien bestehen.

Kapitel 6.

Vergleichend-anatomische Ergebnisse.

Da bisher die vergleichende Anatomie der Vogellungen wenig Berücksichtigung fand, hielt ich es für angebracht, die Bronchialbäume von 35 verschiedenen Vogelarten zu prüfen und miteinander zu vergleichen. Der besseren Übersicht halber habe ich Tabellen zusammengestellt, deren Zahlen mit den beigefügten Photographien die Abweichungen vor Augen führen sollen. Bei Anfertigung der Tabellen konnten allerdings nur die hauptsächlichsten Bronchien Berücksichtigung finden, und zwar speziell alle diejenigen, welche zur Bildung der dorsalen und ventralen Lungenoberfläche beitragen.

Bemerkt sei noch, daß die Messungen an Celloidin- bez. Photoxylinpräparaten ausgeführt wurden, und infolge der unvermeidlichen Schrumpfungsstellen an solchen Korrosionen Ungenauigkeiten untergelaufen sein können. Da indes die Messungen sämtlich in gleicher Weise und unter denselben Bedingungen erfolgt sind, so wird doch der Leser an der Hand der Tabellen im stande sein, eine richtige Vorstellung von der Architektonik der einzelnen Bronchialbäume zu gewinnen.

Das Grundgesetz für die Gestalt der untersuchten Vogellungen kann nach Messungen von Länge, Breite und Höhe derselben mit kurzen Worten dahin präzisiert werden, daß die länglich-ovale Form zumeist auftritt, und daß das Verhältnis zwischen Länge, Breite und Höhe fast durchweg nach dem Schema 4:2:1 durchgeführt ist, wobei die Einheit das Maß für die Lungenhöhe darstellt.

Der Hauptbronchus ist bei seinem Eintritt in die Lunge in vielen Fällen oval geformt. Bei *Tadorna, Cygnus, Anthropoides, Milvus, Corvus, Molothrus, Emberiza, Passer, Habropyga, Gymnocephalus* und *Dendrocopus* fand ich ein kreisrundes Lumen vor.

Das ventrale Bronchialsystem zeichnet sich durch grob angelegte dicht nebeneinander dahinziehende und meist großkalibrige Luftwege aus. Die Kaliberverhältnisse der Dorsalbronchien bieten dagegen eine größere Mannigfaltigkeit. Bei einigen Arten sind letztere sämtlich von gleicher Weite, bei anderen treten die vorderen und mittleren kräftig hervor, während die hinteren und letzten immer schwach entwickelt sind. Regelmäßig jedoch bleiben sie hinsichtlich ihres Kalibers hinter denen des viel gröberen ventralen Systems zurück. Auf beiden Lungenbezirken aber tritt uns stets eine ausgesprochene Abgrenzung in zwei je für sich ausgeprägte Bronchialregionen mit verschiedenartigen Weitenverhältnissen entgegen. Wir finden sowohl dorsal- als ventralwärts ein gröberes und feinkalibriges Röhrensystem, welches oben (dorsal) auf der inneren und äußeren Fläche auftritt, unten dagegen auf einen vorderen und hinteren Abschnitt verteilt ist. (Siehe Taf. I, Fig. 5, 6 und Taf. IV—V.)

Mass-Tabelle

der Lumina der wichtigsten Bronchien bei 35 Vögeln, ausgeführt nach mm.

Spezies	Größe der Lunge			Mesobronchium	Bronch. clavicul.	Bronch. cervic.	Bronchus ventralis				Bronchi dorsales									
	Länge	Breite	Höhe				medialis	caudalis	later. ant.	later. post.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Larus argentatus	60,0	27,5	13,0	4,0 : 3,0	3,0	3,0	2,0	2,5	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,0	2,0	1,2				
Anas crecca											1,2	1,1	1,1	0,9	0,9	0,6	0,6			
Fulix cristata	45,0	30,0	14,0	3,0 : 2,0	2,0	2,0	1,5	2,5	1,1	1,1	1,2	1,8	1,4	1,2	0,9	1,1	1,1	0,7		
Anas domest.	70,0	35,0	20,0	5,0 : 3,0	4,0	4,0	2,0	3,0	1,5	1,5	2,0	2,1	3,0	1,8	1,5	1,5				
Tadorna tadornoid.	80,0	38,0	22,5	5,0	5,0	3,0	3,0	3,0	1,8	2,8	2,0	2,5	1,8	1,8	1,5	1,5	1,4	1,4	1,4	
Cygnus atratus	115,0	60,0	35,0	6,0	6,0	5,5	3,0	4,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,5	2,5	3,0	3,0	2,0	1,5		
Platalea leucorod.	75,0	38,0	22,0	5,0 : 3,0							2,0	2,0	2,0	2,0	1,5	2,0	1,8			
Botaurus stellar.	70,0	30,0	16,0	3,2 : 2,0	2,8	3,0	4,0	4,0	1,5	2,8	2,0	2,0	1,5	1,5	2,0	1,25				
Ardea cinerea	70,0	40,0	17,5	4,0 : 2,5	4,0	3,5	3,0	3,0	2,0	2,5	1,2	2,0	2,0	1,8	1,8	1,5				
Anthropoides virgo	60,0	35,0	18,0	6,0							1,0	3,0	3,0	2,8	2,0	1,8	1,8			
Fulicula atra	40,0	27,5	12,0	2,0 : 1,5	1,5	2,2	2,0	2,5	1,0	1,8	1,0	1,1	1,2	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Haematopus ostreal.	45,0	25,0	13,0	4,0 : 2,5	3,0	3,0	2,0	2,5	1,2	2,0	1,6	2,0	2,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,2
Numenius arquat.	52,0	22,0	12,0	3,0 : 2,5	2,0	2,0	2,0	2,0	1,5	1,1	1,0	1,0	1,0	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1
Scolopax rusticol.	35,0	22,0	11,0	3,0 : 1,5	2,5	2,5	1,5	2,1	0,9	1,0	1,75	1,9	1,75	1,1	1,0	1,1	1,4	1,1	1,0	
Gallus dom.	45,0	32,0	17,5	5,0 : 3,0	3,5	3,0	2,0	3,0	2,2	2,2	1,5	1,5	2,0	3,0	2,0	2,0	2,0	1,5		
Phasianus torqu.	45,0	28,0	15,0	3,5 : 3,0	3,5	3,0	1,8	3,0	1,0	1,0	1,5	3,0	1,5	1,5	1,5	1,5	1,2			
Columba liv. dom.	35,0	22,0	11,0	2,5 : 2,0	2,2	2,0	1,5	2,2	1,0	1,5	1,5	1,1	1,1	1,1	1,0	1,5	1,0	0,8	0,8	
Tinnunculus rufip.	25,0	14,0	6,0	3,0 : 2,0	2,0	2,0	1,1	1,8	1,4	2,0	1,1	1,2	1,1	1,0	0,8	0,75	0,6	0,5	0,5	
Tinnunculus alaud.	28,0	15,0	10,0	2,0 : 1,2	1,0	1,0	0,8	1,2	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8			
Aquila chrysaët.	70,0	40,0	25,0	6,0 : 3,5	5,0	5,0	3,0	4,0	2,0	4,0	2,0	4,0	3,5	3,0	3,0	3,0	2,0	1,5		
ButeoVariet. americ.	50,0	28,0	16,0	5,0 : 4,0	4,0	4,0	2,5	4,0	1,1	1,4	1,4	2,8	2,0	2,0	2,0	2,0	1,25	1,25	1,0	
Buteo vulgaris	48,0	27,0	17,0	4,0 : 3,0	3,0	3,0	2,0	3,5	1,0	2,0	1,4	2,4	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,5	1,2	
Milvus regalis	40,0	25,0	12,5	2,5	2,0	2,0	1,5	2,5	1,0	2,0	1,0	2,0	2,0	1,25	1,0	1,0	0,8	0,8		
Nisus communis	30,0	15,0	8,0	2,0 : 1,5	2,0	2,0	1,0	1,8	1,1	1,0	1,1	1,2	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8		
Corvus corone	40,0	25,0	12,0	3,0	2,5	2,5	1,5	2,0	1,5	1,0	1,0	1,2	1,1	1,5	1,5	1,25	1,2			
Molothrus bonar.	18,0	13,0	6,0	1,4	1,0	1,1	0,9	1,5	0,5	0,9	0,8	1,0	1,0	1,0	0,5	0,4	0,4			
Passer dom.	14,5	9,0	5,0	1,0	1,0	1,0	0,6	0,9	0,4		0,4	0,6	1,0	0,8	0,8	0,5	0,4			
Emberiza schoenicl.	13,5	9,5	5,0	1,0	1,0	1,0	0,5	1,0	0,3	0,3	0,4	0,8	0,9	0,8	0,75	0,4				
Habropyges castan.	11,0	6,0	3,8	0,8	0,8	0,8	0,7	1,0	0,7											
Spermestes Swinh.	13,5	7,0	4,0	0,9 : 0,5	0,8	0,8	0,5	0,8	0,2		0,3	0,6	0,6	0,6	0,8	0,5				
Gymnoceph. calv.	15,0	10,0	6,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	0,25	0,4	0,5	0,8	0,75	0,9	1,0	1,0	0,75			
Dendrocopus major.	21,0	14,0	8,0	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1	0,5	0,75	1,0	0,8	1,2	1,0	1,0	0,75	0,5	0,4		
Chrysotis amaz.	22,5	10,0	6,0	2,0 : 1,0	1,5	1,5	0,9	1,0	0,5	0,6	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,7				
Eclectus pectoral.	40,0	26,5	14,0	4,0 : 2,0	2,5	2,5	1,5	2,5			1,0	2,5	2,5	2,0	2,0	1,5				
Psittac. erith.	40,0	24,0	15,0	3,5 : 2,0	3,0	3,0	1,5	2,0	1,0	1,0	1,5	2,2	2,0	1,8	1,5	1,5	1,2	1,0		

Tabelle

über die Anzahl der wichtigsten Zweige der Bronchien bei 35 Vögeln.

Spezies	Bronch. clavic.	Bronch. cervic.	Bronchus ventralis		Bronchi dorsales										Gesamtverzweigung
			medialis	caudalis	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
Larus argentatus	6	7	6	8	7	12	12	10	7	2					10+77[1]
Anas crecca					20	10	8	5	4	5	5				—
Fulix cristata	6	15	3	12	16	10	8	5	4	6	5	5			12+95
Anas domest.	6	15	6	12	16	9	10	5	4	4					10+87
Tadorna tadornoides	5	14	3	10	9	9	5	9	3	4	4	4	4		13+83
Cygnus atratus	3	15	3	12	4	3	9	9	9	9	5	4			12+85
Platalea leucorod.					7	7	7	6	2	2	2				—
Botaurus stellar.	2	5	4	8	8	18	7	4	2	6					10+64
Ardea cinerea	3	12	3	12	8	10	8	4	5	5					10+70
Anthropoides virgo					3	7	18	9	6	5	5				—
Fulicula atra	6	15	3	12	6	9	9	6	4	4	5	4	4	5	14+92
Haematopus ostreal.	6	15	4	10	12	6	10	6	6	4	2	2	3	6	14+92
Numenius arquat.	4	14	4	14	12	12	3	6	9	7	7	7	4	6	14+109
Scolopax rusticol.	6	15	3	12	14	12	5	4	4	4	5	5			12+89
Gallus dom.	6	15	4	5	4	2	7	8	4	4	4	3			12+66
Phasianus torqu.	3	15	4	12	6	6	7	1	2	4	4				11+64
Columba liv. dom.	5	15	3	9	7	7	10	6	6	6	5	5	5		13+89
Tinnunculus rufip.	6	15	3	9	6	8	6	8	3	6	5	4	3		13+82
Tinnunculus alaud.	6	15	2	9	5	6	6	6	6	4	3				11+68
Aquila chrysaëtus	3	15	3	9	7	15	15	6	6	2	4	1			12+86
Buteo Variet. amer.	6	15	4	12	7	10	7	6	5	5	4	3	6		13+90
Buteo vulgaris	6	15	5	12	7	10	5	6	5	4	4	3	4		13+86
Milvus regalis	6	9	3	12	7	8	6	3	6	2	2	3			12+67
Nisus comunis	7	15	2	9	10	6	6	6	5	5	5				11+76
Corvus corone	6	14	4	9	6	15	1	9	11	14	10				11+99
Molothrus bonar.	3	15	2	9	4	14	7	11	6	6					10+77
Passer dom.	5	15	2	7	4	9	7	7	7	4					10+67
Emberiza schoenicl.	6	15	2	7	4	7	5	8	4	4					10+62
Habropyges cast.		4	2	9											—
Spermestes Swinh.	6	15	2	10	2	6	3	7	8	8					10+67
Gymnoceph. calv.	3	15	3	7	10	6	7	5	7	5					9+68
Dendrocopus maj.	7	15	3	7	7	4	6	13	9	8	5	2			12+86
Chrysotis amaz.	5	15	3	9	9	8	5	3	3	4					10+64
Eclectus pector.	6	15	3	9	6	12	8	11	5	6					10+81
Psittac. erith.	6	15	6	9	16	12	8	4	4	4	4	4			12+92

[1] Die erste Zahl weist auf die Anzahl der eigentlichen Bronchien hin, während die zweite die Anzahl der Zweige der letzteren angibt.

Tabellarische Übersicht

zur Vergleichung des Verzweigungsreichtums und der Kalibergrenzen der ventralen und dorsalen Bronchien bei 35 Vögeln.

Spezies	Ventral						Dorsal			Gesamtzahl der Verzweigung incl. Bronchien
	Bronch. clav.	Bronch. cerv.	Bronch. med.	Bronch. caud.	Gesamtzahl der Zweige	Kalibergrenze der ventralen Bronchien und Zweige	Gesamtzahl der Bronchien	Gesamtzahl der Zweige	Kalibergrenze der dorsalen Bronchien und Zweige	
Larus argentatus	6	7	6	8	27	3,0—1,5	6	50	2,0—1,2	(87) **91** [1]
Anas crecca							7	57	1,2—0,6	
Fulix cristata	6	15	3	12	36	2,5—1,1	8	59	1,8—0,7	(107) **111**
Anas dom.	6	15	6	12	39	4,0—1,5	6	48	2,1—1,5	(97) **101**
Tadorna tadornoid.	5	14	3	10	32	3,0—1,8	9	51	2,5—1,4	(96) **100**
Cygnus atratus	3	15	3	12	33	6,0—2,0	8	52	3,0—1,5	(97) **101**
Platalea leucor.							7	33	2,0—1,5	
Botaurus stellar.	2	? 5	4	8	19	4,0—1,5	6	45	2,0—1,25	(74) **78**
Ardea cinerea	3	12	3	12	30	4,0—2,0	6	40	2,0—1,2	(80) **84**
Anthropoides virgo							7	53	3,0—1,0	
Fulicula atra	6	15	3	12	36	2,5—1,0	10	56	1,2—1,0	(106) **110**
Haematopus ostreal.	6	15	4	10	35	3,0—1,2	10	57	2,0—1,2	(106) **110**
Numenius arquat.	4	14	4	14	36	2,0—1,1	10	73	1,2—1,1	(123) **127**
Scolopax rustic.	6	15	3	12	36	2,5—0,9	8	53	1,9—1,0	(101) **105**
Gallus dom.	6	15	4	5	30	3,5—2,2	8	36	3,0—1,5	(78) **82**
Phasianus torqu.	3	15	4	12	34	3,5—1,0	7	30	3,0—1,2	(75) **79**
Columba liv. dom.	5	15	3	9	32	2,2—1,0	9	57	1,5—0,8	(93) **97**
Tinnunculus rufip.	6	15	3	9	33	2,0—1,4	9	49	1,2—0,5	(95) **99**
Tinnunculus alaud.	6	15	2	9	32	1,2—0,8	7	36	1,0—0,8	(79) **83**
Aquila chrysaëtus	3	15	3	9	30	5,0—2,0	8	56	4,0—1,5	(98) **102**
Buteo Variet. amer.	6	15	4	12	37	4,0—1,1	9	53	2,8—1,25	(103) **107**
Buteo vulgaris	6	15	5	12	38	3,5—1,0	9	48	2,4—1,2	(99) **103**
Milvus regalis	6	9	3	12	30	2,5—1,0	8	37	2,0—0,8	(79) **83**
Nisus comunis	7	15	2	9	33	2,0—1,0	7	43	1,2—0,8	(87) **91**
Corvus corone	6	14	4	9	33	2,5—1,0	7	66	1,5—1,0	(110) **114**
Molothrus bonar.	3	15	2	9	29	1,5—0,5	6	48	1,0—0,4	(87) **91**
Passer dom.	5	15	2	7	29	1,0—0,4	6	38	1,0—0,4	(77) **81**
Emberiza schoenicl.	6	15	2	7	30	1,0—0,3	6	32	0,9—0,4	(72) **76**
Habropyga cast.		4	2	9	15	1,0—0,7				
Spermestes Swinh.	6	15	2	10	33	0,8—0,2	6	34	0,8—0,3	(77) **81**
Gymnoceph. calv.	3	15	3	7	28	1,5—0,25	6	40	1,0—0,5	(78) **82**
Dendrocopus maj.	7	15	3	7	32	1,1—0,5	8	54	1,2—0,4	(98) **102**
Chrysotis amazon.	5	15	3	9	32	1,5—0,6	6	32	1,0—0,7	(74) **78**
Eclectus pector.	6	15	3	9	33	2,5—1,5	6	48	2,5—1,0	(91) **95**
Psittac. erith.	6	15	6	9	36	3,0—1,0	8	56	2,2—1,0	(104) **108**

[1] 4 Ventralbronchien (clavic. dors., later., diaphragmat. ant. und post.), welche bei den Tabellen nicht aufgeführt sind, wurden bei der Gesamtzahl eingerechnet.

Bei der vergleichenden Untersuchung hat sich hinsichtlich dieser Zustände die Tatsache ergeben, daß diese Bezirke um so schärfer hervortreten, je flugkräftiger ein Vogel ist, und daß sie bei Landvögeln mit äußerst mangelhaftem Flugvermögen stark zurückgedrängt, ja fast verschwunden sind. *Gallus domesticus* (Taf. V, Fig. 16) z. B., ein im Fliegen schlecht bewanderter Vogel, besitzt in der Tat bei einer fast gleichmäßigen Verteilung der Bronchialröhren ein auffallend grobes Verzweigungssystem, gute Flieger hingegen, wie *Corvus corone* oder *Scolopax rust.* (Taf. V, Fig. 14. 23), weisen eine äußerst feine Bronchialverästelung in scharf abgegrenzten Bezirken auf. Eine reiche Verzweigung in feinkalibrige Kanäle auf streng voneinander geschiedenen Flächen in dem oben erwähnten Sinne gibt daher berechtigten Anlaß, hieraus auf die hohe Leistungsfähigkeit des respiratorischen Apparates eines Vogels zu schließen.

Bei allen untersuchten Species ist die Gleichmäßigkeit auffällig, mit welcher die Ventraläste aufzutreten pflegen und ihr Verhältnis untereinander streng zu bewahren suchen. Es finden sich immer die flächenartig ausgeprägten Cervical- und Claviculärbronchien im innigen Zusammenhang vor, und die hinteren Luftwege überziehen ihrerseits mit großer Regelmäßigkeit die mittlere hintere Lungenhälfte. Ausnahmsweise zum Beispiel bei *Cygnus*, *Platalea* und *Gallus*, treten auf der letztgenannten Fläche kleine Abweichungen auf, die in einer Vermehrung der Äste des Bronchus lateralis ihren Ausdruck finden. Derselbe gibt bei eben erwähnten Arten nicht nur 2, sondern 3 auch 4 fiederförmige Zweige ab, welche sich strahlenförmig über die hintere ventrale Lungenfläche ausbreiten. Ein weiteres Charakteristikum für die Ventralfläche ist endlich noch, daß deren Bronchien regelmäßig in der gleichen Anzahl 8 aufzutreten pflegen: (Bronchi clavicularis, cervicalis, clavicul. dors., diapragmat. ant. u. post., medialis, caudalis und lateralis).

Nicht so konstant erwiesen sich hingegen die entsprechenden Zustände auf der Dorsalfläche, wo die Zahl der Bronchien bei den einzelnen Arten zwischen 6 und 10 schwankt. Daß frühere Autoren ihre Anzahl verschieden (meist 6) angegeben haben (Gegenbaur 7. [1901 p. 36] und Aeby 9. [1880 p. 36]), kann nicht wunder nehmen, da ihre Untersuchungen in der Hauptsache auf eine oder wenige Species ausgedehnt waren, wo die von ihnen geschilderten Verhältnisse auch bestanden haben mögen. Erst die vorliegende Untersuchung zahlreicher verschiedener Vogelarten konnte die erwünschte Aufklärung verschaffen, und es hat sich denn auch gezeigt, daß die Zahl der Bronchi dorsales einer Schwankung unterworfen ist.

Endlich ist auch die wichtige Frage, ob und inwieweit die Luftwege in der Lunge miteinander kommunizieren, ihrer Lösung zu Gunsten einer allseitigen Kommunikation, wie sie von vielen Forschern mit Recht angenommen wurde, zugeführt worden und zwar durch den Nachweis, daß einerseits sämtliche Dorsalverzweigungen in diejenigen der Ventralfläche übergehen, und andererseits auch die Lungenpfeifen beide Bezirke verbinden.

Auf Grund der in den Tafeln IV und V abgebildeten Korrosionspräparate konnte schließlich noch festgestellt werden, daß die dorsale Lungenoberfläche hauptsächlich die unterscheidenden Merkmale der verschiedenen Species zum Ausdruck bringt. (Siehe Taf. IV und V.)

Auf die Unterscheidungsmerkmale bei den einzelnen Species bin ich hier nicht näher eingegangen, da ich ausführliche Erklärungen zu den in Frage kommenden Tafeln IV und V (pag. 42—46) gegeben habe. An der Hand zahlreicher Abbildungen, die dort zusammen-

gestellt sind, wird der Leser sofort einen klaren Überblick über die Charakteristika der einzelnen Vogellungen gewinnen.

Kapitel 7.

Vergleichung der Lunge der Vögel mit jener der Säugetiere.

Infolge des anatomischen Baues der Vogellunge ist der Bronchialbaum gezwungen, seine charakteristischen Eigentümlichkeiten in der Verästelung anders zum Ausdruck zu bringen als bei der Säugetierlunge. Während die Bronchien der letzteren sämtlich einen intrapulmonaren Verlauf einschlagen und rings vom respiratorischen Lungengewebe umgeben werden, sind die Verhältnisse in der Vogellunge entgegengesetzt geartet.

Aeby (1880 p. 36) sagt:

„Die bei den Vögeln äußere Seite der Lunge ist bei den Säugetieren zur inneren geworden . . .“

„Die bei den Vögeln so ausgesprochene Zweiteilung des Bronchialbaums ist bei Säugetieren beinahe völlig verschwunden.“

Will man auch das Auftreten des ep- und hyparteriellen Systems bei beiden Tierklassen in Betracht ziehen, so dürfte sich herausstellen, daß die Anlage eines solchen in der Vogellunge bei der ausgesprochenen Zweiteilung des Bronchialbaumes entschieden schärfer ausgeprägt ist als bei dem Atmungsapparat der Säuger.

Nicht zum wenigsten darf aber das gewaltige Luftsackarrangement in der Umgebung der Vogellunge außer acht gelassen werden, wenn es gilt, Punkte unterscheidender Natur zwischen dieser und der Säugetierlunge anzuführen. Durch die Entwickelung des gewaltigen Luftsacksystems ist der Atmungsapparat des Vogels in zwei für sich ausgebildete Bezirke zerlegt, welche sich gegenseitig unterstützen, um den hohen Anforderungen der Atmungsfunktionen gerecht werden zu können. Es ist hier eine Teilung der Arbeitsleistung eingetreten, während in der Säugetierlunge ein stark elastisches, in mehrere Lappen geteiltes Organ vorliegt, das den Anforderungen seiner Tierklasse entsprechend eingerichtet ist. Während die Lunge der Vögel mit gewaltiger Energie ihre respiratorische Tätigkeit vollbringt, speichern die voluminösen Luftsäcke große Mengen O-reicher Luft auf, so daß das Tier selbst im schnellsten Fluge bei den ungünstigsten Gegenströmungen der Atmosphäre genügend mit Atemluft versehen ist. Führt man den Vergleich der Säugetier- und Vogellunge weiter aus, so finden sich auch in der Art der Verzweigung nicht unwichtige Verschiedenheiten vor. Die dendritische Verästelungsweise der Säugetierlunge steht einem meist kammartigen oder fiederförmigen, radiären Verzweigungssystem in der Vogellunge gegenüber. Die an die Spirale erinnernden Gestaltungen in der Säugetierlunge, von denen Ernst Fischer (1886 pag. 36) sagt:

„Die feinen und feinsten Bronchialäste sitzen den eigentlichen Bronchien spiralig aufgereiht an . . .“

treten in der Vogellunge erheblich, wenn auch nicht gänzlich, zurück. Denn die Lungenpfeifen pflegen rechtwinklig von ihrem Stamm abzugehen und meist gerade Bahnen einzuschlagen. Bei den feinsten Luftwegen endlich bleibt die Säugetierlunge mit ihren ge-

schlossenen alveolären Bildungen zurück hinter einem überaus fein verteilten Luftkapillarnetz der Vogellunge. In keinem Atmungssystem dürfte mithin die Vergrößerung der respiratorischen Fläche zu Gunsten einer ausgiebigen Atmungstätigkeit so ausgeprägt sein als hier.

Trotzdem nun diese Unterscheidungsmerkmale so markant hervortreten, haben sich doch noch wesentliche Homologien erhalten und zwar bezüglich des Kalibers gewisser Bronchien und hinsichtlich des Bronchialreichtums bestimmter Lungenbezirke.

Mit den Befunden in der Säugetierlunge deckt sich nämlich völlig die Tatsache, daß einmal auch beim Vogel der ventrale Bronchialbezirk an Kalibergröße dem dorsalen überlegen ist.

„Die dorsalen Bronchien stehen für gewöhnlich den ventralen nach, was Mächtigkeit anlangt. Oft ist der Unterschied ein bedeutender," sagt Narrath (1901 pag. 36) von der Säugetierlunge.

Zum anderen wissen wir, daß die Dorsalfläche der Vogellunge sich durch große Unregelmäßigkeit bei den einzelnen Species auszeichnet, eine Eigenschaft, die Narrath auch bei Säugetierlungen beobachtet haben will, indem er behauptet:

„Unregelmäßigkeiten kommen häufig vor, wie ja überhaupt die dorsalen Bronchien nicht so an strenge Gesetze gebunden sind, wie die ventralen. Die Anzahl der die einzelnen Stammbronchusstrecken bevölkernden dorsalen Bronchien bleibt nicht immer dieselbe. Die meiste Konstanz findet sich auf den oberen Strecken und sie nimmt in der Richtung nach unten zu ab."

In dem hiermit zum Abschluß gelangenden makroskopischen Teil meiner Arbeit sollte versucht werden, das Grundgerüst des Bronchialbaumes der Vogellunge festzustellen und die Beziehungen der einzelnen Bronchien zu einander sowie zum Luftsacksystem klarzulegen. An der Hand dieses schematischen Aufbaues des Bronchialbaumes wird es unschwer gelingen, Abweichungen irgend welcher Art bei den einzelnen Vogelarten zu erkennen und aus dem Grad der Differenzierung auf die Höhe der respiratorischen Leistungsfähigkeit einer Species zu schließen.

II.

Mikroskopischer Teil.

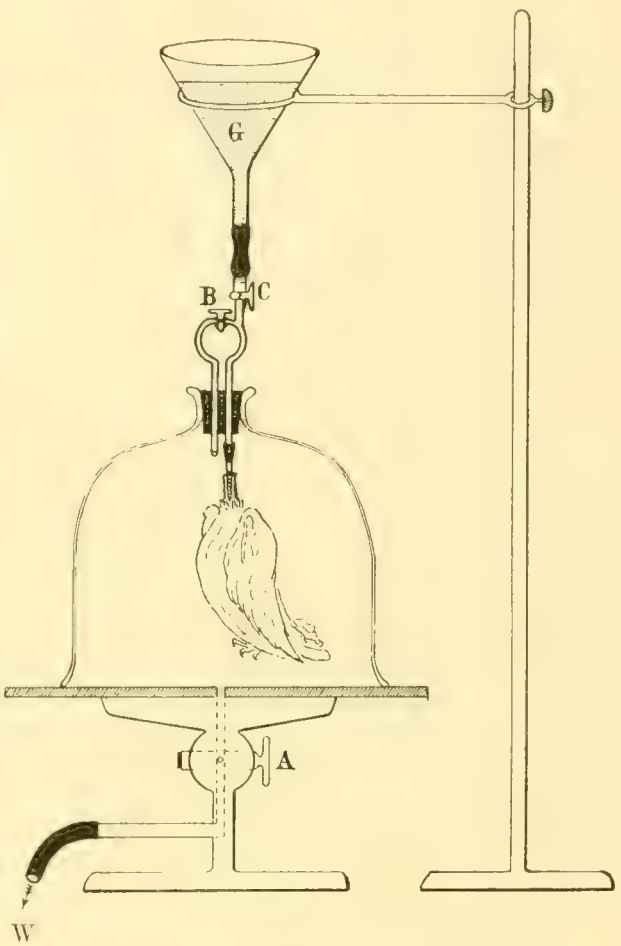
Kapitel 8.

Nachdem ich im ersten Abschnitt dieser Arbeit die makroskopische Darstellung des Bronchialbaumes behandelt habe, sollen nunmehr meine Resultate bezüglich der feineren und letzten Verzweigungen der Luftwege folgen. Dem Studium dieses Endsystems wendete ich um so mehr das größte Interesse zu, als ich nach Durchsicht der hierüber vorhandenen Angaben den Mangel einer abgeschlossenen Bearbeitung erkannte.

Zum Studium dieser äußerst komplizierten feinsten Hohlräume genügt es nicht, mikroskopische Schnitte der Vogellunge in der üblichen Weise herzustellen und nach verschiedenen Färbungen zu untersuchen. Es muß vielmehr vorerst die Injektion der Lunge mit einer geeigneten später schnittfähigen Masse vorgenommen werden, um den Verlauf, die Weite und das System der feinsten Luftwege für sich und im Zusammenhang mit dem umliegenden Gewebe erforschen zu können. Nach vielfachen Versuchen wählte ich eine Methode, die mir bei Vermeidung jedweden Druckes die Injektion der möglichst luftleer gemachten Lunge mit blauer Gelatinemasse (gefärbt mit konzentrierter wässriger Lösung von Berliner-Blau Ia Grübler) gestattete. Im technischen Teil zu Anfang dieser Abhandlung wurde die Ausführung dieser erfolgreichen Injektionsart beschrieben. Zu derselben gelangte ich erst durch eine anfangs von mir ausgeführte Injektionsweise, die des Interesses halber kurz erwähnt werden soll, wenn sie auch für den Nachweis des Endsystems der Bronchien (bei sonst praller Füllung) nicht als geeignet erachtet werden kann. Es zeigte sich nämlich, daß ein allzu starker Druck auf die Lunge ausgeübt wurde, der daselbst Zerreißungen und die Imbibition des interstitiellen Gewebes mit Gelatinemasse herbeiführte.

Den Vogelkörper hängte ich so unter der Luftpumpenglocke auf, daß die Trachea vermittelst einer eingebundenen Kanüle mit einer von oben und außen nach innen führenden Glasröhre in Verbindung stand. Durch die nebenstehende Figur 2 wird der benutzte Apparat zur Anschauung gebracht. Ich war mit Hilfe desselben in der Lage, die Luft aus dem Atmungsorgan des Vogels durch das Wasserstrahlgebläse bis auf ein Vakuum von 100 mm Druck abzusaugen und dann nach Verstellung der Glasrohrhähne, Schließen bei B und Öffnen bei C, die Injektionsmasse in den Körper einströmen zu lassen. Ich erreichte, wie erwähnt, wohl eine pralle Füllung der Lunge, fand jedoch bei näherem Zusehen, daß die Gelatine überall in die lockere Adventitia der Blutgefäße sowie in das interstitielle Gewebe eingedrungen war und durch vielfache Verbindungsstränge, die auf Schnitten sichtbar wurden, ein allseitig kommunizierendes Röhrensystem vortäuschte. Ich war fast ge-

neigt anzunehmen, daß rings um die Blutgefäße sowie um die Pfeifenbezirke bei Wasser- und Landvögeln perivasculäre Lufträume vorhanden seien. Indes die ungleichmäßige Stärke der feinsten Kanäle, das Fehlen von charakteristischen Schnittflächen längs- oder quergetroffener Röhrchen erweckten den Verdacht in mir, daß hier Kunstprodukte geschaffen seien, was sich bei schärferer Vergrößerung auch bestätigte. Unzweifelhaft waren dieselben eine Folge der mit ungewöhnlichem Druck in den fast luftleeren Körper einströmenden Gelatinemasse. Diese Umstände veranlaßten mich, diese Injektionsweise nach der unter „Technik" beschriebenen Modifikation umzugestalten.



Textfigur 2. W = Wasserdruckgebläse.

Wenig erfolgreich waren fernerhin auch einige Injektionen von embryonalen Vogellungen *(Eudyptes* und *Anser ferus)*, die ich der Vollständigkeit halber noch kurz beschreiben will.

Von drei zur künstlichen Ausbrütung in den Brutschrank (bei 39—40° Temperatur) eingelegten Eiern von *Anser ferus* Naum. war ein einziges zur Entwickelung gekommen. Am 21. Tage öffnete ich dasselbe und bereitete die Injektion der Lunge des lebenswarmen Embryo vor. Mit großer Mühe gelang es, eine feine Kanüle in die äußerst zartwandige Trachea einzuführen und in ihr zu befestigen. Aus einem etwa 10 cm über dem Niveau des Körpers befindlichen Irrigator ließ ich langsam mit möglichster Vorsicht die blaue Gelatine in den Körper eindringen. Allein dieser relativ äußerst geringe Druck führte bereits eine Zerreißung des abdominalen Luftsackes und der Epidermis herbei. Nach Abstellung der Flüssigkeit wurde die verletzte Stelle umbunden und das Tier in toto zur raschen Abkühlung in Eiswasser überführt. Die Untersuchung von Stücken der injizierten Lunge ergab, daß die Gelatine nur bis in die Lungenpfeifen vorgedrungen war.

In gleicher Weise erfolgte auch die Füllung der Lungen zweier Pinguinembryonen, die mir Herr Professor Dr. Chun aus seiner wertvollen Sammlung freundlichst überlassen hatte. Diese Objekte mußten außerdem besonders für die Injektion vorbereitet werden. Sie hatten 4 Jahre in 80% Alkohol verweilt und waren dadurch gehärtet, ein Umstand, der für das Gelingen einer guten Injektion von Nachteil war. Zur Verbesserung der Elastizität der Gewebe ließ ich die Embryonen 24 Stunden im Thermostat bei einer Temperatur von 40° in Wasser quellen und nahm in oben beschriebener Weise die Füllung der Lunge vor. Das Resultat war allerdings nicht vollkommen, aber doch besser als bei den Gänse-Embryonen. An geeigneter Stelle wird der Befund dieser Präparate hervorgehoben werden.

Kapitel 9.

Endverhalten des Bronchialbaums.

(Siehe Taf. II.)

Die Lungenpfeifen durchqueren, wie bereits im ersten Teil der Arbeit berührt wurde, die gesamte Lungensubstanz, indem sie parallel nebeneinander von außen und oben nach innen und unten die Lunge durchziehen. Diese Bronchi fistularii, wie ich sie benannt habe, sind dickwandige Röhren, welche durch gegenseitigen Druck die Form von hexagonalen, auch polygonalen Säulen erhalten haben. (Taf. II, Fig. 4.) In ihr Lumen springen ringförmige Leisten vor, die durch bindegewebige Scheidewände und glatte Muskelzüge ein wabenartiges Maschenwerk bilden. (Siehe Taf. III.) Aus diesem gehen radiär zum Pfeifenzentrum gerichtet die Ausführungsgänge der letzten Verästelungen, die Bronchioli oder Radiärkanäle, hervor. (Siehe Taf. II, Fig. 1—5, 7.) An ihrer Ursprungsstelle sind die letzteren verhältnismäßig mächtige, aber kurze Stämme, die regelmäßig um die einzelne Pfeife gruppiert mit zahlreichen Ästen zwischen ein Blutkapillarnetz vordringen. Diese Äste wiederum verlaufen selbst meist bis dicht an die Peripherie ihres Pfeifenbezirkes, indem sie ziemlich langgestreckt sich dichotomisch spitzwinklig verzweigen und in ein Kanalwerk übergehen. Sämtliche Kanäle sind von gleicher Weite und kommunizieren allseitig miteinander, indem sie ein netzartiges Gefüge bilden, welches die gesamten Lungenpfeifen mehr oder weniger miteinander vereinigt. Bei guten Fliegern (Taf. II, Fig. 1, 4, 5, 7) fand sich nämlich, daß diese Netze ohne nennenswerte Unterbrechung zwischen den Lungenpfeifen zur Ausbreitung gelangen, während bei Land- und Wasservögeln (Taf. II, Fig. 2; Taf. III, Fig. 2, 3, 5) interstitielle, auf dem Querschnitt polygonal geformte Gewebsleisten verhüten, daß die Bronchi fistularii mit ihren Kanalnetzen allseitig in Fühlung treten. Für kleinere Strecken ist allerdings auch bei letzteren Gattungen eine normale Anastomose der benachbarten Pfeifen ausgeprägt. Bei diesen brechen nämlich ab und zu einzelne Äste und Kanäle durch die Peripherie und treten mit denen einer angrenzenden Pfeife in Verbindung und stellen somit feinste Kommunikationswege dar. (Siehe Taf. II, Fig. 2.)

Nach den bisherigen Forschungen wurde als feststehend angenommen, daß diese Radiärkanäle nach geringfügiger Teilung in alveoläre Endanschwellungen ausgingen, und daß in diesen terminalen Ausbuchtungen die letzte Luftverteilung in der Vogellunge stattfinde. Daß sich zwischen denselben weitere Anastomosen vorfänden, bestreitet F. E. Schulze, (1871 p. 36), während andere solche beobachtet haben wollen. Zur Vergleichung dieser mannigfachen Ansichten lasse ich darum die Citate der in Betracht kommenden Forscher wörtlich folgen:

Ed. Weber (1842, p. 36):

„Die Finalzweige liegen in den Zwischenräumen eines gröberen Röhrennetzes, das die Grundlage der Lunge bildet, entspringen aus den Wänden der Röhren und sind höchst enge, ästige, mit geschlossenen Enden aufhörende, röhrenförmige Anhänge an denselben. Sie sind viel enger als die Finalzweige an den Lungen der Säugetiere."

Williams 2 (Referat v. Schröder), (1855 p. 36):

„Williams nimmt eine sehr feine Membran an, welche diese Luftkanäle inwendig bekleidet. Die Bronchialgänge kommunizierten in den Lungen überall miteinander. Die Luft tritt unmittelbar in die Zwischenräume eines feinen Kapillarnetzes, jedes Gefäß ist von seinem Nachbargefäß getrennt, so daß die Luft durch dieses isolierte Netz von Gefäßen hindurchtritt."

Schröder 3, (1860, p. 36):

„Die Vogellunge besteht mithin aus einem feinen Balkengewebe, dessen Maschen überall mit Luft gefüllt sind und welche überall in der ganzen Lunge miteinander zu kommunizieren scheinen."

Bowmann (Referat v. Schröder):

„Bowmann beschreibt die Vogellunge in Nachfolge von Rainey, als ob die Schleimhaut der Bronchien bei ihrem Übergang in die Lunge aufhört, und die Kanäle als Aushöhlungen und Gänge zwischen einem kapillären Gefäßgewebe zu betrachten seien, so daß die Luft in die Zwischenräume und Maschen der Kapillargefäße dringen würde und mit der Oberfläche eines jeglichen Kapillargefäßes in Berührung käme."

C. J. Eberth 4, (1863, p. 36):

„Ich erkannte deutlich von den Pfeifen nach auswärts tretende, sich teilende Kanäle, deren feinste Ramifikationen in kleine geschlossene Anschwellungen mündeten . . .

Das jedoch steht fest, daß in den Luftzellen wirklich ein feines kapilläres Netzwerk besteht, welches ringsum von Luft umspült wird."

F. E. Schulze 5, (1871, p. 36):

„In dieses letztere (Lungenparenchym) hinein führen von jeder solchen wabenartigen Seitennische aus einige senkrecht und radiär zur Längsachse der Pfeifen gerichtete Gänge, welche anfangs einfach und gerade, sich alsbald baumartig und zwar vorwiegend spitzwinklig dichotomisch verzweigen und schließlich in kleine seitliche und terminale längliche Blindsäcke auslaufen."

Huxley 6, (1875, p. 36):

„Hier geben sie (Lungenpfeifen) in rechten Winkeln Reihen sekundärer Kanäle ab, welche ihrerseits in ähnlicher Weise noch kleineren tertiären Kanälen Ursprung geben; es wird auf diese Weise die gesamte Lungensubstanz von Röhrchen durchdrungen, von denen die feinsten in kleinstem Maßstab ausgesackte Wandungen besitzen. Durchbohrung der Wandungen setzt die verschiedenen Röhrchensysteme in Zusammenhang."

Miller 10, (1893, p. 36):

„The pipes just below the surface of the lung anastomose freely and alsosend blindtubes into the interior of the lung, which meet but do not communicate whit those from the opposite side."

Max Baer 12, (1896, p. 36):

„Von Rainey und anderen, neuerdings auch von Hans Straßer, wird entgegen der Ansicht von F. E. Schulze angenommen, daß auch zwischen den letzten Hohlräumen, also den Alveolen, derselben und benachbarter Bronchien zahlreiche offene Kommunikationen

zwischen den einzelnen Bälkchen der Kapillargefäße hindurch bestehen. Wir haben bei der Untersuchung von Doppelinjektionspräparaten derartige Kommunikationen verfolgen können."

Supino 14, (1899, p. 36):

„Während bei den Säugetieren der Bronchiolus im Infundibulum endigt, das von zahlreichen Alveolen gebildet wird, hat bei den Vögeln dagegen jeder Bronchiolus seinen Alveolus, und dieser besteht nur aus einer einfachen Erweiterung des Bronchiolus selbst."

Gegenbaur 16, (1901, p. 36):

„Diese terminalen Blindsäckchen sind die Enden der Luftwege in den Lungen."

Unter diesen zahlreichen Schilderungen der Endverzweigung des Bronchialbaums findet sich keine, die sich mit jener von mir gegebenen deckt. Williams, Schröder, Bowmann, Eberth, Huxley und Max Baer nehmen sämtlich die überaus feine Verteilung der Radiärkanäle an. Sie zweifeln nicht daran, daß gleichsam zwei Netze für Blut- und Luftwege bestehen, ja sie gehen in ihrer Vorstellung von diesen eigenartigen Systemen sogar soweit, daß sie daran glauben, die Luft dringe unvermittelt in die Zwischenräume und Maschen eines Blutkapillargebietes. Sie scheinen mithin anzunehmen, daß die letzten Luftwege keine anderen Wandungen besitzen als die der Blutkapillaren selbst. Dahingegen dürfte es zweifellos sein, daß die feinen Luftkapillaren doch mit wenn auch äußerst zarten epithelialen Wandungen ausgerüstet sind.

Auf meinen Schnitten, die von injizierten Lungenstückchen von *Columba, Gallus, Buteo* und *Habropyges* hergestellt wurden, kann man deutlich sehen, wie die Bronchioli allmählich kleiner werdend in ein Luftkanalwerk auslaufen. Netzartig verbundene Röhrchen treten teils in ihrer Ebene getroffen auf, teils werden die Schnittflächen nach oben, unten und seitlich abbiegender Kanäle sichtbar, ohne daß indessen alveoläre Bildungen aufzufinden sind. Beim Gebrauch der Mikrometerschraube kann man stets die zapfenartigen Stümpfe der Bronchialkanäle verfolgen, die entweder in die Tiefe oder schräg zur Seite abgehen.

Auf Taf. II, Fig. 3 ist endlich noch zur Bestätigung der kapillären Gestaltung der letzten Luftwege ein Schnitt der injizierten Lunge von *Eudyptes* (Embryo) zur Anschauung gebracht. Die Lungenpfeifen geben hier auf dem Längsschnitt besonders charakteristisch die Anastomosierung der nicht immer gut gefüllten Bronchioli wieder. Die feinen Verbindungskanäle sind an ihrer Ursprungsstelle sichtbar, ihre weitere Verfolgung aber bietet große Schwierigkeiten.

Kapitel 10.

Verästelungssystem der feinsten Blutgefäße.

Unzweifelhaft verdient die gleichartige kapilläre Gestaltung von Luft- und Blutwegen im Endsystem der Vogellunge eine besondere Beachtung, und so will ich die Übersicht über diese Verhältnisse durch die in der Literatur vorhandenen, aber noch nicht erwähnten Angaben von den letzten Ramifikationen der Pulmonalis vervollständigen.

C. J. Eberth 4, (1863, p. 36):

„Ich will nur bemerken, daß bei den Vögeln sowohl durch das enge Kaliber der Kapillaren, wie durch die allseitig nackte Lage derselben die größtmöglichste Respirationsfläche und der rascheste und ergiebigste Gaswechsel erzielt wird."

Miller 10, (1893, p. 36):

„Considering the termination of the air passages and the arteries and veins, we have as histological unit of the lung, the air sac. In all cases it has one artery and one vein which represent the termination of each system. The artery is on the peripheral, and between the two a rich capillary network, thus giring an arterial and a venous side to each air-sac."

Max Baer 12, (1896, p. 36):

„Die Lungen, welche fast ausschließlich den chemischen Vorgängen, dem Gaswechsel zwischen Blut- und Umgebungsmedium dienen, sind, wenn äußerlich auch von verhältnismäßig geringem Volumen, mit einem Reichtum an Kapillargefäßen ausgestaltet, der von demjenigen der leistungsfähigsten Sänger auch nicht annähernd erreicht wird. Konzentration des respirierenden Parenchyms. Diese Kapillaren sind zudem völlig nackt und derart angeordnet, daß der größte Teil ihrer Oberfläche mit der Luft in Berührung kommt. In diesem Sinne konnte man allerdings von einer Vergrößerung der Atemfläche sprechen."

E. Seifert 11, (1896, p. 36):

„Das dichte verfilzte Kapillarsystem aber, das in die Zwischenräume der dendritischen Endverzweigungen eintritt, bedingt den lebhaften Gaswechsel, der in diesen Organteilen stattfinden muß."

Grober 13, (1899, p. 36):

„Die Blutkapillaren der Lunge werden bei dem großen Volumen der Luftsäcke sowohl bei der Einatmung als auch bei der Ausatmung fast allseitig von großen Mengen O-reicher Luft umspült, und der Gasaustausch zwischen dem rasch zirkulierenden Blut und der Luft vollzieht sich kontinuierlich und mit stets gleicher Energie."

Die eben zitierten Angaben stimmen in den wesentlichen Punkten überein und entwerfen ein Bild vom anatomischen Bau des Blutkapillarsystems, das auch mit meinen Untersuchungen in Einklang steht. Ich konnte feststellen, daß die Blutgefäße sich in dem die Lungenpfeifen voneinander trennenden interstitiellen Gewebe verzweigen und in ein Blutkapillarnetz auflösen. (Siehe Taf. II, Fig. 6.) Hervorzuheben ist besonders die Art und Weise des Überganges der Gefäßästchen in die Kapillaren, insofern, als die letzteren bereits von relativ großen Stämmchen büschelartig und dicht gedrängt in großer Menge allseitig ausstrahlen. (Siehe Taf. I, Fig. 10 u. 11.) Es findet keine allmähliche Abnahme des Lumens statt. Die Blutkapillaren umflechten die feinen Luftwege korbartig und sind mit den Luftkapillaren abwechselnd verschlungen. (Siehe Taf. II, Fig. 5.) Zwei für sich entwickelte Kapillarnetze greifen somit harmonisch ineinander und führen eine möglichst vollständige Lüftung des Blutes bei beschränktem Raume in ausgezeichneter Weise herbei.

(Siehe Taf. II.)

Sehen wir uns an der Hand dieser gesamten Beschreibung der feinsten Luft- und Blutwege auf Taf. II die Fig. 1, 2, 5 u. 7 an, welche nach 10 μ dicken Schnitten gezeichnet wurden, so finden wir genau eben geschilderte Verhältnisse wieder. Wir sehen nämlich, wie aus den Lungenpfeifen rings herum die Bronchioli hervortreten, diese sich meist deutlich dichotomisch verästeln, die Äste wiederum ziemlich langgestreckt und nicht weit voneinander entfernt zur Peripherie ihres Pfeifenbezirkes streben, um sich daselbst in ein enges Maschenwerk von Luftkapillaren aufzulösen. Wir erkennen, wie bei *Columba* und *Habropyges* die Netze allseitig miteinander anastomosieren, während bei *Gallus* nur einzelne Zweige und Kanäle direkt in die eines benachbarten Pfeifenbezirkes übergehen. Schließlich führt uns die Fig. 6 noch deutlich die Verzweigung der Blutkapillaren vor Augen und Fig. 5 zeigt, wie Luft- und Blutkapillaren, welch letztere rot gehalten sind, dicht gedrängt miteinander abwechseln.

Die im makroskopischen Teil durchgeführten Messungen der Bronchien habe ich auch auf die Lungenpfeifen und die aus ihnen hervorgehenden Kanäle sowie Luftkapillaren ausgedehnt. Da aber in diesen feineren Verhältnissen keine sonderlichen Unterschiede auftreten, so habe ich nur die Befunde bei *Columba*, *Gallus* und *Anas* mitgeteilt. Wenn ich auch Gelatineinjektionen bei *Milvus*, *Buteo*, *Chrysotis*, *Syrnium*, *Cardinalis*, *Molothrus*, *Gymnocephalus*, *Spermestes* und *Habropyga* ausgeführt habe, so hatte ich bei letzteren hauptsächlich die Erforschung des Endverlaufes des Bronchialbaums im Auge. Zudem haben meine Kontrollmessungen an diesen in Kanadabalsam eingeschlossenen Präparaten gezeigt, daß die Kaliberverhältnisse überall entsprechend dem sonstigen Bau des Bronchialbaums ausgebildet sind, d. h. je feiner die Lungenpfeifen gestaltet, um so besser ist die Oberflächenvergrößerung auch auf die kapillären Luftwege ausgedehnt und umgekehrt.

Die Messungen wurden mit dem Okularmikrometer von Leitz, Okular 1 und Objektiv 3 ausgeführt. Es ergab sich, daß die Weite der Bronchi fistularii durchschnittlich 0,75 mm bei *Columba*, 1,15 mm bei *Gallus* und 1,0 mm bei *Anas boschas* betrug, die der Luftkapillaren hatte eine Stärke von 0,015 mm bei *Columba*, 0,03 mm bei *Gallus*.

Kapitel II.

Histologische Angaben.

Auf den histologischen Bau der Vogellunge habe ich meine Untersuchungen nur insofern ausgedehnt, als ich den Reichtum an elastischen und bindegewebigen Fasern festzustellen suchte. Des Vergleiches halber fertigte ich außerdem Schnitte der Lungen von *Salamandra maculosa*, *equus caballus* und *mus musculus* an. Nach Orientierung in einigen die mikroskopisch-histologische Technik berührenden Abhandlungen (K. Tellyesniczky, Fuchs-Wolfring, Röthig, Seipp und Schulz) wählte ich zur Fixierung von Lungenstückchen genannter Tiere und einer größeren Anzahl verschiedener Vögel fünf bewährte Fixationsflüssigkeiten: Alcohol absolutus, Formalin Solutio 10%, beide mit Zusatz von 5% Acid. acet., Hydrargyr. bichl. corros. conc., Zenkersche und Müllersche Flüssigkeit. Die

in Paraffin von 54° Schmelzpunkt eingebetteten Stückchen wurden zur Darstellung des Bindegewebes nach van Gieson und zur Tinktion der elastischen Fasern nach Weigert und Röthig (Kresofuchsin) gefärbt.

„Ich erkenne, schreibt Eberth (1863, p. 36), ein sehr feines, aus zartem Bindegewebe bestehendes Gerüst ohne glatte Muskeln und elastische Fasern, welches die Gefäße trägt" . . .

„Elastische Fasern fehlen dem Lungengewebe ganz."

F. E. Schulze 5, (1871, p. 36) dagegen sagt:

„Das Grundgerüst der dicken, schwammigen äußeren Pfeifenwandung wird von einer sehr zartfaserigen, fast homogenen Bindesubstanz mit feineren elastischen Fasernetzen gebildet, welche das reiche, zum Austausch der Gase bestimmte Kapillarnetz trägt."

„Zwischen den Pfeifen finden sich bei einigen Vögeln (Gans, Ente) ziemlich dicke, bei anderen (Taube) kaum erkennbare Lagen eines hellen, faserigen, interstitiellen Bindegewebes."

Gadow 9, (1890, p. 36) schließlich führt bei Beschreibung der Bronchialwandungen aus: „Die dritte Schicht ist wieder fibrös, dünn longitudinal, nebst elastischen Fasern und bildet hauptsächlich das feine wabenartige Maschenwerk."

In diesen Angaben wird fast übereinstimmend die geringe Anzahl der bindegewebigen und elastischen Fasern zum Ausdruck gebracht. Eberth's Behauptung, daß die Vogellunge jedweder elastischer Elemente entbehre, wird durch meine Befunde widerlegt, aus welchen hervorgeht, daß ihre Anzahl allerdings nur eine geringe ist. Wo und wie sie im Lungenstroma angeordnet sind, soll uns kurz im folgenden Kapitel beschäftigen.

Kapitel 12.

Histologische Befunde.

1. Columba liv. dom.

Zenk. Flüssigkeit, van Gieson.

(Siehe Taf. III, Fig. 1.)

Bindegewebsfasern finden sich auf der Innenwand der Bronchi fistularii und im Bereich der Blutkapillaren nicht allzu reichlich vor. Jene innerhalb der Pfeife bei der Bildung der muskulösen Ringleiste beteiligten Septen bestehen in der Hauptsache aus ihnen.

Formal. 10% acid. acet. 5%, Weigert.

(Siehe Taf. III, Fig. 4.)

Die Innenfläche der Lungenpfeifen ist mit einer relativ dicken Schicht elastischer Fasern, die gewundenen Verlauf nehmen, ausgekleidet. Spärlich und zerstreut finden sich solche auch in den am Aufbau der Ringleiste beteiligten Septen. Im Kapillargebiet treten außer ganz feinen Fäserchen keine elastischen Elemente auf.

2. Gymnocephalus calvus.

Form. 10% acid. acet. 5%, van Gieson.

Die Anlage der Bindegewebsstränge gleicht der bei *Columba* geschilderten Anordnung.

Form. 10% acid. acet. 5%, Weigert.

Auf der Innenwand der Pfeife ist eine schwache Lage dicht aneinander gereihter, longitudinal verlaufender elastischer Fasern erkennbar, während sie in den Ringleistensepten nur vereinzelt vorkommen und im Kapillargebiet gänzlich verschwunden sind.

3. Spermestes Swinhoe.

Form. 10% acid. acet. 5%, van Gieson.

Ein nur schwacher Ring bindegewebiger Substanzen kleidet die Innenfläche der Pfeifen aus, die Ringsepten bestehen fast gänzlich aus ihnen. Das Kapillargebiet weist nur feine Züge auf.

Form. 10% acid. acet. 5%, Kresofuchsin.

Derselbe Befund wie bei *Gymnocephalus*.

4. Anas boschas.

Zenk. Flüssigkeit, van Gieson.

(Siehe Taf. III, Fig. 3.)

Innerhalb der Pfeifenwandung ist eine mäßig starke, aber dicht gedrängte Bindegewebsanlage vorhanden, die auch im Kapillargebiet keine große Verbreitung nimmt. Dagegen ist die Umrahmung der einzelnen Pfeifensysteme mit einer abwechselnd dicken und dünnen Schicht eng aneinanderstoßender Bindegewebsstränge scharf ausgeprägt, wodurch die Lungenpfeifen voneinander abgegrenzt erscheinen. Diese Umrandung ist indes niemals völlig geschlossen, so daß die einzelne Pfeife mit einer wenn auch kleinen Fläche an benachbarte unmittelbar anstößt. Diese rings um den Bronchus fistularius verlaufenden Faserbündel umgrenzen eine auf dem Querschnitt zumeist hexagonale bez. polygonale Fläche.

Form. 10% acid. acet. 5%, Weigert.

Die Innenfläche der Lungenpfeife ist mit einer schwachen, etwas aufgelockerten Lage gekräuselter elastischer Fasern ausgekleidet, die spärlich auch in den Ringleistensepten auftreten. Im Kapillargebiet sind sie nur ganz vereinzelt anzutreffen, während dieselben an der Bildung des Bindegewebskranzes rings um die Pfeife mit mäßig starken Zügen teilnehmen.

5. Anser dom.

Form. 10% acid. acet. 5%, van Gieson.

Die Bindegewebsanlage ist ähnlich wie bei *Anas* ausgebildet, nur treten hier infolge stärkerer Anhäufung der Fasern die betreffenden Gewebsteile schärfer als wie dort hervor.

Form. 10% acid. acet. 5%, Weigert.

Entsprechend der reicheren Verteilung der Bindegewebssubstanzen haben auch die elastischen Fasern an Zahl zugenommen.

6. Gallus dom.

Hydrarg. bichl. cor. conc., Gieson.

(Siehe Taf. III, Fig. 2.)

Hier tritt uns die reichste Anlage sowohl bindegewebiger als auch elastischer Fasern in der bei letztgenannten Arten konstatierten Weise entgegen. Besonders stark sind die Gewebsstränge rings um die Pfeifen entwickelt, indem sie meist in zwei Zügen nebeneinander verstreichen. In die Winkelecken des polygonalen Gewebskranzes sind meist größere Blutgefäßstämme eingelagert, was bei den vorbeschriebenen Arten *(Anas, Anser)* der Land- und Wasservögel nicht so ausgesprochen der Fall war. Während endlich sonst stets, d. h. auf jedem Quer- oder Längsschnitt, kleine Lücken dieses bindegewebigen Ringes Anastomosen benachbarter Lungenpfeifen herstellten, finden sich hier im Querschnitt einige allerdings vereinzelte völlig geschlossene Bezirke vor. An Längsschnitten hingegen treten immer kurze Kommunikationen benachbarter Pfeifen auf.

Hydrarg. bichl. cor. conc., Kresofuchsin.

(Siehe Taf. III, Fig. 5.)

Hand in Hand mit dem reichlicher entwickelten Bindegewebe nimmt naturgemäß auch das elastische Faserwerk eine größere Ausbreitung, vornehmlich in dem um die Pfeife verlaufenden Gewebskranz.

Es kann mithin auf Grund dieser Befunde der bereits früher betonte Mangel an elastischen Fasern in der Vogellunge zum Unterschied von Reptilien- und Säugetierlunge bestätigt werden. Die von F. E. Schulze (5) angedeutete bindegewebige Umrandung der einzelnen Pfeifen bei *Anas* und *Anser* ist zutreffend und hier näher beschrieben worden. Diese Abgrenzung ist von großem Wert für die Charakterisierung gewisser Gattungen und Familien. Man kann nämlich die Lungen in solche scheiden, deren Pfeifensysteme von polygonal verlaufenden Gewebsmassen (Bindegewebe und elastische Fasern) rings begrenzt werden und in andere, deren letzte Ramifikationen unbeschränkt allseitig miteinander anastomosieren. Die guten Fliegerarten weisen den letzterwähnten Zustand auf, während die Land- und Wasservögel, soweit ich sie untersuchte, stets die eigentümliche Begrenzung der Pfeifen erkennen ließen.

Kurze Zusammenfassung der Gesamtresultate.

Da ich glaube, daß meine vergleichend-anatomischen Befunde über den gröberen und feineren Bau der Vogellunge einige neue Tatsachen kennen lehrten und zugleich zur Klärung strittiger Punkte beitragen, so sei es gestattet, kurz die Resultate zu rekapitulieren.

Es konnte keinem Zweifel unterliegen, daß der Vogel seinen Lebensbedingungen entsprechend mit einem überaus komplizierten Atmungssystem ausgerüstet sein mußte. Diese Annahme hat sich noch durch die Entdeckung eines Luftkapillarsystems als gerechtfertigt erwiesen. Die Vogellunge besitzt keine ausgiebige Ausdehnungsfähigkeit und ist nicht, wie die Atmungsorgane anderer höherer Tiergruppen, zur Respiration und Luftaufspeicherung gleichzeitig bestimmt. Die Einrichtungen zur Aufspeicherung O-reicher Luft und zur Herabsetzung des spezifischen Gewichtes sind in dem schon frühzeitig entdeckten Luftsacksystem enthalten. Wir wissen längst, daß die mehr oder minder feine Ausbildung desselben mit dem Flugvermögen gleichen Schritt hält.

Die vorliegenden Untersuchungen haben weiterhin ergeben, daß auch die Lunge selbst eine der Flugfähigkeit des betreffenden Vogels entsprechende Gestaltung aufweist. Mangelhafte Flieger sind durch grob angelegte Luftwege charakterisiert, welche den geringeren respiratorischen Anforderungen genügen; gute Flieger zeichnen sich durch ein überaus feines Verästelungssystem ihrer Bronchialbäume aus, wodurch sie zu hohen respiratorischen Leistungen befähigt werden. Durch die Kapillarität von Blut- und Luftwegen kommt endlich eine erstaunliche Oberflächenvergrößerung zu stande, die ihrerseits wieder die Energie des Gasaustausches in einem relativ kleinen Raume bedeutend zu steigern vermag. So liefert die überaus kunstvolle Architektonik der Vogellunge auch ein schönes Beispiel für das Prinzip der Oberflächenvergrößerung, auf welches besonders Rudolf Leuckart oft und nachdrücklich hingewiesen hat. Im allgemeinen wird heute die flächenhafte Ausbildung intensiv arbeitender vegetativer Organe bereits als erwiesen betrachtet, wenngleich die Spezialuntersuchungen auf diesem Gebiet noch nicht als abgeschlossen gelten können. Meine Befunde über die Vogellunge reihen sich diesen Forschungen als weiterer Beweis ihrer Richtigkeit an und lehren, daß die hohe Leistungsfähigkeit dieses Atmungsorgans, die von den Physiologen längst angenommen wurde[1], tatsächlich in der komplizierten Gestaltung des anatomischen Baues ihre Begründung gefunden hat. Mit der kapillaren Verästelung der Luftwege hält diejenige der Blutgefäße gleichen Schritt, und wenn wir uns aus der überraschenden Feinheit der beiden Kapillarnetze einen Rückschluß auf die Energie des Gasaustausches erlauben dürfen, so müssen wir die letztere entschieden sehr hoch bewerten.

In keiner anderen Tierklasse haben sich bisher gleich komplizierte Verhältnisse feststellen lassen, so daß wir darum die Vogellunge auf Grund der anatomischen Gestaltung wie der funktionellen Leistungsfähigkeit wegen an der Spitze aller Respirationsapparate in der Tierreihe stellen müssen.

---

[1] ....„Es schwankt der Sauerstoffverbrauch für die Gewichtseinheit der verschiedenen Tiere unter denselben Bedingungen innerhalb weiter Grenzen. Kleinere Tiere haben ceteris paribus eine größere Atmungsintensität als größere. Die stärkste Atmung zeigen die Vögel und zwar eine desto größere, je kleiner sie selbst sind. Während die kleinen Singvögel die intensivste Atmung haben, in der gleichen Zeit fast 10mal so viel O verbrauchen als z. B. Hühner, ist die Lebhaftigkeit der Atmung bei den Kaltblütern außerordentlich gering." .....

(Munk 1892 p. 80 Lehrbuch der Physiologie.)

Resumé.

1. Der Bronchialbaum der Vögel ist streng geschieden in einen unteren ventralen und einen oberen dorsalen Bezirk, die beide um den Hauptbronchus gruppiert sind. Die Luftwege selbst sind nach dem Prinzip der Oberflächenvergrößerung in der Lunge angeordnet.

2. Der Ventralbezirk ist sehr regelmäßig, aber großkalibrig bei den einzelnen Species angelegt und enthält stets 8 größere Luftwege: Bronchi clavicularis, cervicalis, clavicularis dorsalis, diaphragmaticus anterior und posterior, medialis, caudalis und lateralis. Die Zahl der Bronchi dorsales hingegen schwankt bei den verschiedenen Arten zwischen 6 und 10. Ihr Kaliber ist kleiner als das des ventralen Bezirkes.

3. Die dorsale Lungenoberfläche zeigt insonderheit vermöge der Variabilität von Zahl, Kaliber und Richtung der auf ihr ausgebreiteten Luftwege die für die einzelnen Gattungen charakteristischen Unterschiede. (Siehe Taf. IV—V.)

4. Während die größeren Bronchien vorzugsweise die Außenfläche der Lunge überziehen, wird die innere eigentliche Hauptlungenmasse von den Lungenpfeifen, die Bronchi fistularii heißen, gebildet.

5. Die Pulmonalarterie verzweigt sich vorwiegend dichotomisch und mit radiär gruppierten gröberen Ästen in dieser Hauptlungenmasse und endigt in einem zwischen den Pfeifen überaus fein verteilten Blutkapillarnetz. Die stärkeren Gefäßstämme breiten sich zwischen dem Ventral- und Dorsalbezirk aus, und somit repräsentieren die beiden Bezirke gleichzeitig ein ep- und hyparterielles System (Aeby).

6. Um das Lumen der einzelnen Pfeife sind kurz gedrungene Bronchioli radiär angeordnet. Sie verästeln sich spitzwinklig dichotomisch und lösen sich allmählich in ein Luftkapillarnetz mit zahlreichen gleichweiten Kanälen auf.

7. Diese Luftkapillaren verflechten sich mit den Blutkapillaren.

8. Sämtliche Luftwege anastomosieren miteinander.

9. Blindsäcke oder Alveolen scheint die Vogellunge nicht zu besitzen.

10. Die Lungenpfeifen der Land- und Wasservögel *(Gallus, Anser, Anas)* sind durch scharf ausgeprägte, auf dem Querschnitt polygonal erscheinende Bindegewebszüge ausgezeichnet, die stets auch elastische Fasern enthalten. Diese Umgrenzung ist nicht völlig ringsum geschlossen. Bei besseren Fliegerarten *(Columba, Milvus, Buteo, Syrnium, Cardinalis, Molothrus, Gymnocephalus, Spermestes, Habropyga* und *Chrysotis)* fehlen sie ganz.

11. Elastische Fasern treten im Lungenstroma im allgemeinen in spärlicher Anzahl auf; bei den einzelnen Gruppen ist dieselbe noch variabel.

12. Die Leistungsfähigkeit der Lunge läßt sich vom anatomischen Gesichtspunkt aus bei den einzelnen Species auch im Bau des Bronchialbaums erkennen: Reiche Verzweigung der auf Ventral- und besonders auf Dorsalfläche auftretenden Bronchien in feinkalibrige Kanäle, allseitige Kommunikation der Pfeifenbezirke und der Luftkapillaren sind die charakteristischen Merkmale guter Flieger, während ein grob angelegtes Bronchialsystem mit eng begrenzter Kaliberschwankung der Luftwege auf ein geringeres Respirationsvermögen schlechter Flieger hindeutet.

Literatur-Angabe.

α. Benutzte Arbeiten.

1842. 1. Weber, Über den Bau der Lungen bei Vögeln. Bericht der 19. Vers. Deutsch. Naturf. u. Ärzte. 1842. Braunschweig.

1855. 2. Williams, Respiration. Cyclop. of Anat. and Physiol. June 1855. p. 276.

1860. 3. Schröder, Über die Struktur der Vogellunge, p. 92. 1860. Arch. f. d. holl. Beitr. z. Naturg. u. z. Heilk. Utrecht.

1863. 4. Eberth, Über den feineren Bau der Lunge. Zeitschr. f. wiss. Zool. XII, p. 450—51. 1863.

1871. 5. Schulze, F. E., Die Lungen der Vögel, Strickers Handbuch der Lehre von den Geweben. Bd. I. Leipzig 1871.

1875. 6. Huxley, Anatomie der Wirbeltiere. Breslau 1875.

1880. 7. Aeby, Der Bronchialbaum der Säugetiere und des Menschen nebst Bemerkungen über den Bronchialbaum der Reptilien und Vögel. 1880.

1886. 8. Fischer, Ernst, Das Drehungsgesetz bei dem Wachstum der Organismen. Straßburg 1886.

1890. 9. Bronn-Gadow, Klassen und Ordnungen des Tierreichs. VI. Bd. IV. Abt. aves p. 746. 1890.

1892. 10. Munk, J., Physiologie des Menschen und der Säugetiere. Berlin 1892.

1893. 11. Miller, W. S., The structure of the lung. Journ. of. Morph. Vol. 8, p. 165—188. 1893.

1896. 12. Siefert, Ernst, Über die Atmung der Reptilien und Vögel. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 64, p. 321—506. 1896.

1896. 13. Baer, Max, Beiträge zur Kenntnis der Anatomie und Physiologie der Atemwerkzeuge bei den Vögeln. Zeitschr. f. wiss. Zool. Bd. 61. 1896.

1899. 14. Grober, Jul, Über die Atmungsinnervation der Vögel. Arch. f. d. ges. Physiol. Bd. 76. H. 9—10, p. 427—469. 1899.

1899. 15. Supino, Felice, Richerche sulla struttura del pulmone negli ucelli. Atti della Società Veneto-Trentina di Scienze naturali residente in Padova. Anno 1899. Ser. 2. Vol. 3. Fasc. 2, p. 306—316.

1900. 16. Ellenberger und Baum, Handbuch der vergleichenden Anatomie der Haustiere. 9. Aufl. Berlin 1900.

1901. 17. Gegenbaur, C., Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere mit Berücksichtigung der Wirbellosen. Bd. II. Leipzig 1901.

1901. 18. Narrath, A., Der Bronchialbaum der Säugetiere und des Menschen. Bibl. med., A, Anat. Stuttgart 1901.

β. Zusammenstellung der übrigen allgemeinen und spezielleren Abhandlungen über den Respirationsapparat der Vögel.

384—322 a. Chr. n. Aristoteles, De pulmone, et ejus forma, quibus item inseritur, et quibus non, in s. Schrift „De partibus animalium", lib. 3. Cap. 6, p. 526.

Um 1200 p. Chr. n. Kaiser Friedrich II., Enkel Barbarossas, De arte venandi cum avibus (fragm.).

1573. Coiter, De avium aspera arteria, pulmonibus, thorace, et spiritualibus instrumentis in s. Schrift Anat. avium in s. Werk: Externarum et internarum praecipalium humani corporis partium tabulae atque anatomicae exercitationes. Noriberg, p. 131.
1615. Fabricius ab Aquapendente, Hieronymus, De respiratione et ejus instrumentis, Patav. 1615. 4. (Bereits 1599 geschrieben.)
1651. Harvey, G., Exercitationes de generatione avium, exercitat. 3, p. 4. Amst. 1651. 12.
1663. Bartholinus, Th., Die pulmonum substantia et usu. Hafniae 1663.
— „De pulmonibus" in Marc. Malpighii Oper. t. 2, p. 337.
1667. Swammerdam, Joh, Tractatus physico-anatomico-medicus de respiratione usuque pulmonum. Leidae 1667. 8. Sectio secund. Cap. 4. Respiratio in Pennatis et aliis quibusdam animalibus quomodo fiat?
1676. Bartholinus, Casp., De diaphragmatis structura nova. Paris 1676. 8.
1680. Willes, De respirationis organis et usu. Opera omnia. Genevae 1680.
1687. Malpighius, De pulmonibus. Epistulae duae ad Borellum, Opera omnia. Londini 1687.
1666—99. Mery, Jean, Sur la respiration dans les oiseaux. Mem. de l'Acad. de Sc. d. Paris depuis 1666—99. Mem. T. I, p. 151.
— l'Aération sous-cutanée du Pélican 1672.
1666—99. Perrault, Cl, Desc. anat. de huit Antruches, Mem. depuis 1666—99, T. 3, p. 366 u. 387.
1698. König, Eman., De organis respiratoriis, pulmonibus, trachea, larynge etc. in s. Regn. animal. Art. 20, p. 113. Colon. 1698. 4.
1722. Redi, Fr., Alcune lettre di Franc. Redi.
Supplementi al Giornale di letterati d' Italia. T. sep. p. 55.
Lettera seconda, scritta in nome di Pietro Allesandro Fregosi al Dottore Jacopo del Lapo, in cui si fanno alcune osservazioni sopra i Pulmoni de Volanti etc. Venezia 1722. 12.
1772. Vicq d'Azyr, Première mémoire pour servir à l'Anatomie des oiseaux, Mém. p. 617.
1773. — Deuxième mémoire pour servir à l'Anatomie des oiseaux, Mém. Acad. sc. p. 570.
1773. Camper, Pierre, (1722—89), La pneumaticité squelettique.
1773. Chernak, Ladisl., De respiratione volatilium Gröning. 4.
1774. Hunter, J., An account of certains receptacles of air in birds, wich communicate with the lungs and are lodged both amony the flesby parts and the hollow bones of those animals. Philos. Transact. p. 208. t. LXIV.
1783. Merrem, Blas., Über die Luftwerkzeuge der Vögel. Leipzig. Magaz. für Naturkunde etc. Jahrg. 1783.
1784. Girardi, Michele, Saggo di osservazioni anatomiche intorno agli organi della respirazione degli ucelli in Mem. di Verona. T. II, p. 732.
1785. Rait, Conjecture of the final Cause of the Communication of aire receptacles in birds. E. M. 1785.
1788. Malacarne, Vinzenzo, Conferma della osservazione anatomiche intorno agli organi della respirazione degli ucelli. Mem. di Verona T. IV. p. 18.
1795. Cuvier, G., Mémoire sur le larynx inférieure des oiseaux. Magas. encyclop. Paris 1795. t. I.
— Anatomie compar., 1805. 1re éd. t. IV, p. 296.
— Leçons d'anat. comp. Paris 1840. t. VII, p. 119.
1800. Albers, J. A., Versuche über das Atemholen der Vögel. Beitr. zur Anat. u. Physiol. d. Tiere, p. 107. Bremen.
1803. Vrolik, G., De Gedachten van Camper en hunter over het Nut der holle Beenen, nacter erwogen en ter tvetse gebragt. Amsterd. 1803. 8. oder Reils Arch. f. d. Physiol. Bd. 6, p. 469.
1804. Nitzsch, Chr. Ludw., Commentatio de respiratione animalium, Viteberg 1804 oder Reils Arch. f. d. Physiol. Bd. 8, p. 355.
1805. Blumenbach, F., Von den Respirationsorganen der Vögel, in s. Handb. d. vergl. Anat., p. 248. Göttingen 1805 u. 1824.
1808. Soemmering u. Reißeißen, Über die Struktur, die Verrichtung und den Gebrauch der Lungen. Berlin.

1812. Tiedemann, Anat. und Naturgesch. der Vögel. (Zool. 1812, t. II, p. 601 ff.)
1815. Fuld, L., De organis quibus aves spiritum ducunt, Virceburgae 1817.
1822. Reißeißen, Über den Bau der Lungen, Berlin.
1826. Colas, Essai sur l'organisation des poumons des oiseaux. Frol. Not. Bd. XV, No. 326.
1827. Yarell, W., Observations on the tracheae of Birds with descriptions and representations, Trans. Linn. Soc. Lond., p. 371.
1828. Rathke, Über die Entwickelung der Atmungswerkzeuge bei den Vögeln und Säugetieren. Nov. Act. Acad. Leop. Carol. XIV, p. 159—216. Taf. 17—18.
1829. Allen, Willand Gepys, On the respiration of Birds. Philos. Transact. p. 270.
1831. Retzius, A., Nagra ord om Fogellungornos verkliga byggnad. K. Vetensk. Handb. Stockholm p. 159.
1833. Philomatinsky, De avium respiratione. Inaug. Diss. Dorpat.
1836. Owen, Aves. Todds Cyclop. of. Anat. and Physiol. t. I.
— Anatomy of the Southern Apteryx. Trans. of the Zool. Soc. of Lond. t. II.
— The Anatomy of the Vertebrates, Vol. II, p. 216. London 1866—68.
1838. Lereboullet, A., Anatomie comp. de l'appareil respiratoire dans les animaux vertebrés. Straßbourg.
1838. Meckel, Anat. comp., trad. par Schuster. t. X, p. 345.
1842. Jacquemin, Sur le respiration des oiseaux. Nov. act. etc. Leop. Carol. T. XIX, p. 322.
1846. Guillot, N., Mémoire sur l'appareil de la respiration dans les oiseaux. Ann. Sc. Nat. III. Ser. T. V, p. 25—87. Pl. III—IV.
1846. Rossignol, Recherches sur la structure intime du poumon, Bruxelles.
1846. Prechtl, Untersuchungen über die Vögel. Wien 1846.
1846. Sappey, Recherches sur l'appareil respiratoire des oiseaux. Compt. rend. Ac. Sc. Paris XXII, p. 250, 508.
1849. Rainey, On the minute structure of the lung of the Bird. Medico-Chir. Trans. XXXII, p. 47.
1850. Schultz, Disquisitiones de structura et lectura canalium aeriferorum. Dorpat.
1859. Longet, F. A., Respiration des oiseaux. t. I, 2e part, p. 476. Traité de physiol. 2e éd. Masson.
1859. Herre, L. R., Dissertat. de avium passerinarum larynge bronchiali, Gryphiae 1859.
1863. Swinhoe, R, The Ornithology of Formosa or Taiwan, Ibis 1863, p. 431—432. 1867, p. 227.
— On a blak Albàtroß of the China Seas. Proc. Zool. Soc. 1873, p. 784.
1865. Milne Edwards, Observations sur l'appareil respiratoire de quelques oiseaux. Ann. Sc. Nat. Zool. Ser. V, T. III, p. 137. 1865.
— Note additionelle sur l'appareil respiratoire. Ann. Sc. Nat. Zool. Ser. V, T. VII, p. 12. 1867.
1866. Selenka, Beitrag zur Entwickelungsgeschichte der Luftsäcke des Huhns. Zeitschr. f. wiss. Zool. XVI, p. 178—182. Tafel VIII.
1866. Drossier, W. H., On the function of Air-Cells and the mode of respiration in Birds. Ann. and Mag. Nat. Hist. p. 313—316.
1869. Sicard, Henri, Des organes de la respiration dans la série animale. Thèse de conc. agrég. d. méd. Faculté de Montp. 1869.
1870. Bert, Paul, Leçons sur la respiration, Paris.
1874. Alix, Essai sur l'appareil locomoteur des oiseaux. Masson édit. 1874.
1875. Campana, Physiologie de la respiration chez les oiseaux. Anat. de l'appareil pneumatique pulmonaire, des faux diaphragmes, des sereuses et l'intestin chez le poulet. Paris 1875.
1876. Küttner, Studien über das Lungenepithel, Virch. Arch. 1876.
1877. Straßer, H., Die Luftsäcke der Vögel. Morph. Jahrb. III., p. 179.
— Zur Mechanik des Fluges. Arch. f. Anat. und Physiol. Anat. Abt. 1878, p. 319.
— Über den Flug der Vögel, Zeitschr. f. Naturwiss. XIX. 1885, p. 174—327, 330—429.
1878. Pagenstecher, Allg. Zoologie, t. III, 1878.
1880. Plateau, Fél., Procédé pour la préparation et l'étude des poches aériennes des oiseaux. Zool. Anz. III. No. 57, p. 286.

1882. Huxley, On the respiratory organs of Apteryx. Proc. Zool. Soc. p. 560.
1882. Boularts, Note sur un système particulier des sacs aériens, observé chez quelques oiseaux. Journ. de l'Anat. et Physiol. XVIII, p. 467.
1882. Stirling, W., On the Nerves of the lung of the Newt. Journ. of Anat. and Physiol.
1883. Parker, W. N., Note on the respiratory organs of Rhea. Proc. Zool. Soc. p. 141—142.
1885. Ficalbi, Alcune richerche sulla struttura istologica della sacche aërifere degli ucelli. Att. Soc. Tosc. Sci. Nat. VI, p. 249.
1887. Bignon, F., Sur les cellules aëriennes du crane des oiseaux. Compt. rend. Soc. Biol. Paris p. 36 ff.
— Note sur les réservoirs aériens de Sula Bassana. Compt. rend. Soc. Biol. Sér. IX, T. I, No. 6. 1889.
— Recherches sur les reports du système pneumatiques de la tête des oiseaux avec le système dépendant de l'appareil pulmonaire. Compt. rend. Soc. Biol. Sér. IX, T. V, No. 14. 1889.
1887. Mall, F. P,, Entwickelung der Bronchialbogen und Spalten des Hühnchens. Arch. f. Anat.
1888 Beddard, F. E., Notes on the visceral anatomy of birds. II. On the respiratory organs in certain diving birds. Proc. Zool. Soc. p. 252—258.
1890. Roché, G., Note sur l'appareil aërifère des oiseaux. Bullet. d. l. soc. philom. d. Paris 1889/90. Sér. 8, T. II, p. 5—17.
— Contribution à l'étude de l'anatomie comparée des réservoirs aëriens d'origine pulmonaire chez les oiseaux. Ann. d. sc. nat., Zool. Sér. VII, T. XI, No. 1, 1891, p. 1—64.
No. 2, 3, p. 65—118 avec 4 planches.
1891. Fürbringer, M., Anatomie der Vögel. Mem. II. Orn. Congr. 4 to p. 1—48.
1892. Narrath, A., Vergleichende Anatomie des Bronchialbaums. Verh. d. anat. Ges. auf d. VI. Vers. in Wien, 7.—9. Juni 1892. p. 168—174.
1893. Headley, F. W., The Respiration of Birds. Nat. Sc. a Mont. Rev. of. Sc. Progr., London & New York III, p. 28 - 30.
— The Air-sacs and hollow Bones of Birds. T. c. p. 346—352.
1894. Lucas, F. A.. Note on the air-sacs and hollow. Bones of Birds. Nat. Sc. a Monthley Rev. of Sc. Prog. IV, p. 36—37.
1895. Schultz, P., Demonstration der Knochenatmung der Vögel am Humerus der Ente. Verhandl. d. Phys. Ges. z. Berlin. Arch. f. Anat. u. Physiol. Abt. H, 1 u. 2, p. 180—182.
1896. Soum, J. M., Recherches Physiologique sur l'appareil respiratoire des oiseaux. Ann. Univ. Lyon XXVIII, p. 1—126.
— Note physiologique sur les sacs aériens des oiseaux. Ann. Soc. Lyon XIII, p. 141—44, 149—61.
1899. Roß, M. J., Special structural features in the air-sacs of birds. Transact. of the Americ. microsc. Soc. Buffal. XX, p. 29—40.
1899. v. Ebner, Von den Respirationsorganen. Köll. Handb. d. Geweb. d. Mensch. 6. Aufl., 3. Bd., 1. Hälfte, p. 280. Leipzig.
1902. Wiedersheim, R., Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere. 5. Aufl., p. 686. Jena 1902.
1904. Ulrich, Fr., Zur Kenntnis der Luftsäcke bei Diomedea exulans und Diomedea fuliginosa. Inaug. Dissert. Leipzig.

Tafel-Erklärungen.

Tafel I.

Abkürzungen:

M.	= Mesobronchium.	Lu.	= Lungenpfeifen.
V.	= Vestibulum.	K.	= Kanalwerk.
Cl.	= Bronch. clavicularis.	O. c.	= Ostium cervicale.
C.	= Bronch. cervicalis.	O. cl.	= Ostium claviculare.
Cl. d.	= Bronch. clavic. dorsalis.	O. i. a.	= Ostium intermed. anterius.
D. a.	= Bronch. diaphrag. anterior.	O. i. p.	= Ostium intermed. posterius.
D. p.	= Bronch. diaphrag. posterior.	O. p.	= Ostium posterius.
Ca.	= Bronch. caudalis.	a.	= Arteria pulmonalis.
L.	= Bronch. lateralis.	v.	= Vena pulmonalis.
Me.	= Bronch. medialis.	B.	= Blutgefäßstamm.
D.	= Bronch. dorsalis.	Ka.	= Blutkapillaren.

Fig. 1. Verlauf des Hauptbronchus. Um die Ursprungsstellen der von ihm abgehenden Bronchien ersichtlich zu machen, wurde die ventrale Wand des Kanals abgetragen. Die weitaus größte Zahl der Bronchien entspringt von der dorsalen Wand des Mesobronchium, um sich dann durch Abwärtssteigen der Ventraläste zur Bildung des ventralen und durch Aufwärtsstreben der Dorsalbronchien zur Gestaltung des dorsalen Bezirkes anzuschicken. Die Wand des Hauptstammes ist auch sonst noch von zahlreichen Poren siebartig durchlöchert, von denen aus die Pfeifen in die Lungensubstanz eindringen.

Fig. 2. Der flächenartige Verlauf des Bronchus clavicularis mit seinem ihm ebenbürtigen Ast dem Bronchus cervicalis. Ersterer mündet in den clavicularen und den vorderen diaphragmatischen Luftsack, letzterer versorgt den cervicalen Luftsack.

Fig. 3. Gemeinsame Ursprungsstelle der Bronchi-clavicularis dorsalis und -medialis, die sich sofort in divergentem Lauf voneinander trennen. Der claviculare Kanal ramifiziert sich vornehmlich in der inneren Lungensubstanz und kommuniziert mit dem clavicularen Luftsack, der mediale hingegen erstreckt sich kurzen Weges zum medialen Lungenrand. Die zahlreichen Poren deuten auch hier den Abgang von Lungenpfeifen an.

Fig. 4. Der Bronchus diaphragmaticus anterior begibt sich fast unmittelbar nach seinem Ursprung zum vorderen diaphragmatischen Luftsack. Nach ihm entspringt mit geräumiger Öffnung der Caudalis, um teils den medialen Lungenrand mit seinen Zweigen auszufüllen, teils seitlich den Lateralbronchus mit zwei Armen abzusondern.

Fig. 5 u. 6. Die Lungenpfeifen sind, soweit sie auf der Oberfläche sichtbar werden, grau schraffiert gehalten. Der Verlauf des Mesobronchium ist durch Schraffierung angedeutet, während die Oberflächenbronchien hell geblieben sind.

Fig. 7 u. 8. In den Zeichnungen ist die Anlage der Lungenpfeifen im Innern der Lunge zur Darstellung gebracht. Ihr Verhalten zu Hauptbronchus und den übrigen Bronchien ist durch schematische Einzeichnung derselben zum Ausdruck gelangt.

Fig. 9. Verästelung der Pulmonalis und ihr Verhältnis zum Mesobronchium. Beachtenswert ist die dichomische Verästelung und die Gruppierung der Zweige um ihren Stamm.

Fig. 10 u. 11. 220fache Vergröß. D. D. 2. Zeiß. Besonderes Merkmal der Blutverteilung ist der hier im Quer- und Längsschnitt dargestellte Ursprung der Kapillaren direkt von einem größeren Gefäßästchen.

Tafel II. (Doppeltafel.)

Farbenerklärung:

blau: Luftwege.

gelb u. rot: Blutwege.

Abkürzungen:

Lu. = Lungenpfeifen.
Br. = Bronchioli.
L. K. = Luftkapillaren.
B. = Blutgefäßstamm.
B. K. = Blutkapillaren.

Fig. 1. *Habropyga castanotis,* Gelat. Inj., Schnitt 10 μ dick, Canadabalsam, 115fache Vergröß., Zeiß B, 3.
Zwei Lungenpfeifen zeigen die typische Verästelung in Bronchioli und Luftkapillaren. welche bei dem guten Flieger allseitig netzartig mit einander verbunden sind. Charakteristisch ist der Reichtum relativ großer Blutgefäße auf der kleinen Fläche, ein Befund, der sich auch bei anderen kleinen Vogelarten (Spermestes, Molothrus, Gymnocephalus, Cardinalis) konstatieren ließ.

Fig. 2. *Gallus dom.,* Gelat. Inj., Schnitt 10 μ dick, Canadabalsam, 115fache Vergrößerung, Zeiß B, 3.
Endverzweigungssystem bei einem Typus der schlechten Flieger. Die Luftkapillaren zweier benachbarter Pfeifen gehen nur an kleinen Flächen in einander über. Die Kaliberverhältnisse zeigen auch hier die schon im makroskopischen Bau typische grobe Gestaltung.

Fig. 3. *Endyptes,* Embryo. Gelat. Inj., Schnitt 10 μ, Canadabalsam, 115fache Vergrößerung, Zeiß B, 3.
Der Längsschnitt zeigt trotz der Unvollständigkeit der Injektion die an der Peripherie der Pfeifen ausgeprägte Neigung der Luftwege, miteinander zu anastomosieren. Zahlreiche Blutgefäße breiten sich zwischen den Fistularbronchien aus.

Fig. 4. *Molothrus bonariensis.* Gelat. Inj., Querschnitt 10 μ, Canadabalsam, 31fache Vergröß., aa. 2 Zeiß.
Übersichtsbild über die polygonal einander begrenzenden Lungenpfeifen. Typus des guten Fliegers.

Fig. 5. *Columba liv dom.,* Gelat. Inj., Bronchien und Pulmonalis, Schnitt 10 μ, Canadabalsam, 220fache Vergrößerung, D. D. 2 Zeiß.
Darstellung der Luft- und Blutkapillaren, die netzartig mit einander verschlungen sind. Allseitige Kommunikation der Luftwege. Typus des guten Fliegers.

Fig. 6. *Columba liv. dom.,* Gelat. Inj., Pulmonalis, Schnitt 10 μ, Canadabalsam, 220fache Vergrößerung, D. D. 2 Zeiß.
Ausbreitung des Blutkapillarnetzes zwischen den Pfeifen. Der charakteristische Ursprung der Kapillaren von relativ größeren Ästchen ist auch hier erkennbar.

Fig. 7. *Buteo vulgaris,* Gelat. Inj., Schnitt 10 μ, Canadabalsam, 140fache Vergrößerung, B. 4. Zeiß.
Die typische Endverzweigung des Bronchialbaumes bei einem guten Flieger. Bronchioli mit den netzartig verbundenen, allseitig kommunizierenden Luftkapillaren.

Tafel III.

Farbenerklärung:		Abkürzungen:	
gelblich: / blaugrau:	Lungenstroma.	Lu.	= Lungenpfeifen.
		Br.	= Bronchioli.
karminrot:	Bindegewebe.	B.	= Blutgefäßstamm.
braun:	Muskelzüge.	m.	= muskulös. Ringleiste.
gelb:	Blutgefäße.	S.	= Ringsepten.
tiefblau:	elast. Fasern.	G.	= Gewebskranz.

Fig. 1. *Columba liv. dom.,* Hydrarg. bichl. cor. conc. Fix, v. Gieson, Canadabalsam, 80fache Vergr. B, 2. Zeiß. Anlage des Bindegewebes im Pfeifenbezirk. Typus des guten Fliegers.

Fig. 2. *Gallus dom.,* Hydrarg. bichl. cor. conc. Fix, v. Gieson, Canadabalsam, 31fache Vergröß., aa, 2. Zeiß. Reichliche Bindegewebsbildung bei dem Typus eines schlechten Fliegers.

Fig. 3. *Anas boschas,* Hydrarg. bichl. cor. conc. Fix, v. Gieson, Canadabalsam, 80fache Vergröß., B, 2. Zeiß. Querschnitt einer Pfeife, die jene für Land- und Wasservögel typische bindegewebige Umrandung zeigt. Der Bau der Pfeife mit dem muskulösen Ring und den Septen ist klar ausgeprägt.

Fig. 4. *Columba liv. dom.,* Zenk. flüss. Fix., Weigert, Canadabalsam, 80fache Vergrößerung, B. 2, Zeiß. Anlage der elastischen Fasern. Typus des guten Eliegers.

Fig. 5. *Gallus dom.*, Zenk. flüss. Fix., Kresofuchsin, Canadabalsam, 31fache Vergrößerung, aa, 2, Zeiß. Reichliche elastische Faserbildung bei dem Typus des schlechten Fliegers.

Tafel IV.

Fig. 1. *Larus argentatus* Brünnich. Celloidin-Korrosionspräparat, Dorsalansicht.
Die gewaltig entwickelten Dorsalbronchien überziehen langgestreckt die Oberfläche, allmählich in feinere Ästchen auslaufend. Zahlreiche Anastomosen benachbarter Bronchien und deren Zweige charakterisieren den guten Flieger.

Fig. 2. *Fulix cristata* Steph. Celloidin-Korrosionspräparat, Doppelinjektion: Bronchien und Pulmonalis Ventralansicht.
Durch Abtragung der hinteren ventralen Oberfläche wird die charakteristische Ausbreitung des Blutgefäßsystems innerhalb der Lunge in seinen gröberen Zügen zur Anschauung gebracht, gleichzeitig auch das Verhältnis von Bronchialbaum zur Pulmonalis. Wie im Texte ausgeführt wurde, liegt die Ausbreitung dieses großen Gefäßstammes mitten zwischen Ventral- und Dorsalfläche. Die photographische Aufnahme läßt leider die im Präparat schön hervortretende Doppelinjektion nur schwer erkennen.

Fig. 3. *Fulix cristata* Steph. Dorsalansicht des vorigen Präparates.
Das fein verteilte Bronchialsystem deutet auf die hohe Leistungsfähigkeit der gut fliegenden Reiherente hin. Bemerkenswert ist, daß sämtliche letzten Ausläufer der Dorsalbronchien sowie die zugehörigen Lungenpfeifen eine fast gleiche Kaliberstärke aufweisen.

Fig. 4 a u. b. *Anas boschas* Linné. Celloidin-Korrosionspräparat, Dorsalansichten.
Zwei Präparate demonstrieren den für die Wildentenlunge charakteristischen Verlauf der Dorsalbronchien. Figur b zeigt ihn besonders scharf und bringt auch den distal gelegenen feinen Kanalbezirk gut zur Anschauung.

Fig. 5. *Anas crecca* Linné. Photoxylin-Korrosionspräparat, Zinnober, Dorsalansicht.
Die Lunge ist hoch entwickelt und hebt sich inmitten des gewaltigen Luftsacksystems besonders charakteristisch ab. Die durch die Rippen bedingten Einkerbungen sind scharf markiert, und die Zweiteilung der dorsalen Oberfläche in gröbere Luftwege und einen feinen Kanalbezirk ist deutlich

sichtbar. Innerhalb dieses feinen Kanalwerks fällt hier das Auftreten eines sonst nirgends beobachteten größeren Bronchialastes auf, der sich nach dem abdominalen Luftsack begibt, unterwegs mit zahlreichen benachbarten Luftwegen anastomosierend.

Fig. 6. *Tadorna tadornoides* J. u. S. Photoxylin-Korrosionspräparat, Zinkweiß, Dorsalansicht.

In der hellen Zone des Bildes breiten sich die kräftigen Dorsalzweige schräg über die Lungenoberfläche aus, während der dunkel schattierte Kanalbezirk in seinen Einzelheiten nur schwach erkennbar ist. An der Basis des Präparates ist der Stumpf des Hauptbronchus sichtbar.

Fig. 7. *Platalea leucorodia* Linné. Photoxylin-Korrosionspräparat, Dorsalansicht.

Das hier abgebildete Präparat bringt den Ausguß der fein differenzierten Dorsalfläche einer Reiherlunge zur Anschauung. Die Bronchien verstreichen langgestreckt von hinten distal über die Oberfläche nach vorn zur Lungenspitze und medial zum Lungenrand, ähnlich wie bei Tadorna. Trotz der Schrumpfung des Präparates sind zahlreiche Anastomosen der Luftwege erkennbar. Erwähnt sei besonders, daß die Dorsalbronchien hier wie auch in Fig. 6, 9, 10, 19, 20, 21 eine größere Ausdehnung nehmen als sonst üblich.

Fig. 8. *Botaurus stellaris* Steph. Wachskorrosionspräparat, Dorsalansicht.

Ohne jede Schrumpfung treten hier Verlauf und Weite der Luftwege entgegen. Zwei besonders starke Dorsaläste gehen zur vorderen Lungenspitze, kürzere nach medial zum Lungenrand. Das Kanalwerk zeigt die schöne korbartige Verflechtung seiner Ästchen. Der Hauptbronchus scheint mehr gestreckten Verlauf zu nehmen und kommt hart am lateralen Rande zum Vorschein.

Fig. 9. *Ardea cinerea* Linné. Photoxylin-Korrosionspräparat, Dorsalansicht.

Leider verhinderten erhebliche Schrumpfungen der Injektionsmasse eine genauere Darstellung dieser Lunge. Das gröbere Bronchialgerüst gibt indes einen Anhalt dafür, daß wir die Lunge des Fischreihers ihrem Typus nach den beiden in Fig. 7 u. 8 beschriebenen Arten zurechnen können.

Fig. 10. *Anthropoides virgo* Vieill. Celloidin-Korrosionspräparat, Dorsalansicht.

Kräftig entwickelte Bronchien breiten sich über den größten Teil der Oberfläche aus, scharf gesondert von dem fein verschlungenen Kanalsystem. Das Präparat ist leider nur zum Teil brauchbar erhalten, zeigt aber doch die charakteristischen Merkmale, welche bei den letzten Figuren augenfällig hervortraten.

Fig. 11. *Fulicula atra* Linné. Celloidin-Korrosionspräparat, Ventralansicht.

Die ventrale Lungenoberfläche zeigt bekanntlich bei den einzelnen Spezies nur geringfügige Unterschiede, weshalb die vergleichende Darstellung dieser Fläche weniger Berücksichtigung fand. Im vorliegenden Präparat tritt uns aber eine so charakteristische Zeichnung entgegen, daß ich dieselbe einfügen zu müssen glaubte. Bei der Betrachtung fällt sofort die Zweiteilung der allerdings nur im hinteren Teil deutlich hervortretenden Oberfläche auf. Vorn und medialwärts breiten sich die gewaltigen Ventraläste aus; der im Bilde erkennbare vorderste kurze Ast ist der Bronchus medialis, dessen weitere Verzweigung über den Rand hinweg angedeutet ist. Ihm folgt nach hinten der kräftige Bronchus caudalis, dessen eigenartige Verästelungsweise auf dem Bilde gut zum Ausdruck gelangt. Am besten getroffen zeigt sich schließlich der Bronchus lateralis, der Hauptast des vorigen. Kurz hinter seinem Ursprung gabelt er sich in zwei Stämme; der größere zieht parallel zum caudalis zur Lungenspitze, während der kleinere etwas gebogen lateralwärts abbiegt. Dieser Lateralbronchus bildet nun die Grenze der auch ventralwärts scharf unterschiedenen Bezirke: gröbere Luftwege vorn und medial, feinere hingegen hinten und distal. Diese feinen parallel verlaufenden Kanäle bilden den Abschluß der Lungenpfeifen nach der ventralen Oberfläche hin.

Fig. 12. *Fulicula atra* Linné. Celloidin-Korrosionspräparat, Dorsalansicht.

Als ein viel verzweigter, durch zahlreiche Anastomosen miteinander verbundener Komplex von Bronchien erscheint die Dorsalfläche dieser Lunge. Die 10 Dorsalbronchien verteilen sich fast über

die gesamte Oberfläche, parallel verlaufende letzte Ausläufer abgebend. Der feine Kanalbezirk am lateralen Rande ist leider nicht vollständig erhalten. Bei genauerer Prüfung läßt sich endlich noch der korkzieherartig gewundene Verlauf der medial über den Lungenrand nach ventral umbiegenden Kanäle verfolgen.

Tafel V.

Fig. 13. *Haematopus ostrealegus* Linné. Photoxylin-Korrosionspräparat, Dorsalansicht.
Die scharf gezeichnete Bronchialverteilung läßt auf eine hohe Leistungsfähigkeit der Lunge schließen. Die beiden Bezirke grober und feiner Kanäle sind voneinander gesondert. Wie von einer Linie ausgehend verstreichen die Dorsalbronchien, gewundene Ästchen abgebend, über der medialen Lungenhälfte. Die Eigenart der Verteilung der Bronchi dorsales ist hier erheblich anders als bei den Figuren 6—10. Langgestreckt ziehen die Luftwege bei letzteren von hinten nach vorn, kurz gedrungen verlaufen sie hier mehr von lateral nach medial.

Fig. 14. *Scolopax rusticola* Linné. Photoxylin-Korrosionspräparat, Dorsalansicht.
Wie in vorigem Präparate liegt auch hier ein wohl gelungener Bronchialausguß vor, dessen einzelne Merkmale viel Ähnlichkeit mit jenen bei Figur 13 besitzen. Auffallend ist nur die relativ große Ausdehnung des Kanalbezirkes und die Verkürzung der Dorsalbronchien.

Fig. 15. *Gallus domest* Briss. Photoxylin-Korrosionspräparat, Dorsalansicht.
In der Lunge des Huhns tritt eine bedeutend vereinfachte Bronchialverzweigung auf, die dadurch charakterisiert ist, daß sich das Kaliber der Luftwege in sehr beschränkten Grenzen bewegt. Während sich bisher bei guten Fliegern gewaltige Bronchien in feinste Kanäle aufzulösen pflegten und dadurch sowie durch ihren verschiedenartigen Verlauf der betr. Lungenoberfläche das für sie charakteristische Gepräge gaben, fehlen hier feinere Differenzierungen. Die von den Bronchien abgehenden Äste sind relativ großkalibrig, sodaß hier die Dorsalfläche das sonst abwechslungsreiche Bild nicht zu bieten vermag. Immerhin aber sind doch die Hauptmerkmale der dorsalen Fläche erhalten insofern, als auch hier eine Zweiteilung in Bronchial- und Kanalbezirk zu konstatieren ist.

Fig. 16. *Columba livia dom.* Linné. Wachskorrosionspräparat, Dorsalansicht.
Das Präparat zeigt den naturgetreuen Ausguß der gesamten lufterfüllten Räume der Taube. Unter ihnen beansprucht die zierlich gebaute Lunge größtes Interesse. Der rechte Lungenflügel ist auf der Medialfläche von seinen dort verstreichenden Bronchialästchen entblößt, wodurch wir einen Blick in das Lungeninnere gewinnen. Wir sehen, wie hier die Lungenpfeifen, in großer Zahl parallel nebeneinander gelagert, die Lunge durchziehen; an einzelnen Punkten werden auch die Verbindungsbrücken zwischen ihnen sichtbar. Am vordersten Ende des rechten Lungenflügels, das unversehrt erhalten ist, tritt der gewundene Verlauf oberflächlicher Kanäle markant hervor.

Fig. 17. *Columba livia domest.* Linné. Photoxylin-Korrosionspräparat, Dorsal- und Ventralansicht.
Zwei gut gelungene Präparate zeigen einmal die ventrale, zum andern die dorsale Lungenoberfläche. Bei Betrachtung der Ventralfläche tritt wieder der dort übliche regelmäßige Bronchialverlauf zu Tage, wie wir ihn schon bei Figur 11 (Fulicula atra) kennen gelernt haben. Die Dorsalseite zeichnet sich durch zahlreiche feine Bronchialröhren aus, die dicht nebeneinander über der Lungenoberfläche verstreichen. Eine feinere Differenzierung wie bei Fig. 14 etwa läßt sich hier nicht wahrnehmen, da die Kaliberunterschiede auf der Dorsalfläche nur geringe sind.

Fig. 18. *Tinnunculus rufipes* Bes. Photoxylin-Korrosionspräparat, Dorsalansicht.
Das leider nicht vollständig erhaltene Präparat läßt noch die charakteristische Verzweigungsart der Lunge des Rotfußfalken — eines guten Fliegers — erkennen. Von der gesamten Dorsalfläche sind nur die eigentlichen Dorsalbronchien vorhanden, deren Ursprung vom Mesobronchium durch das Fehlen der Oberflächenzweige sichtbar geworden ist.

Fig. 19 a u. b. *Aquila chrysaëtus* Bp. Photoxylin-Korrosionspräparat, Dorsalansicht.
Das Bild zeigt eine reich verzweigte Lunge vom Typus eines guten Fliegers, deren gewaltige Bronchien sich fast über die gesamte Dorsalfläche ausbreiten. Der Verlauf des Mesobronchium ist deutlich erkennbar, und man kann hier die einseitig kammartige Abzweigung der Dorsalbronchien nach medial verfolgen, während lateralwärts vom Hauptbronchus die feinen Luftkanäle zu einem dichten Maschennetz vereinigt sind. Fig. a zeigt den rechten Lungenflügel in natürlicher Größe, Fig. b beide Lungenflügel desselben Präparates in verkleinertem Maßstabe.

Fig. 20. *Buteo vulgaris* Bechst. Photoxylin-Korrosionspräparat, Dorsalansicht.
Wir sehen zwei scharf voneinander geschiedene Bezirke: medial die mächtigen Dorsalbronchien, lateral das feine Kanalwerk. Besondere Eigenarten sind an dem etwas schadhaften Präparat nicht festzustellen, die erkennbaren Züge desselben verraten aber eine gute Differenzierung der Luftwege.

Fig. 21. *Buteo vulg. varietas* (Nordamerika). Photoxylin-Korrosionspräparat, Dorsalansicht.
Der vorliegende Ausguß gibt ein besseres Bild von dem dorsalen Bronchialverlauf der Bussardlunge als Figur 20. Die starken luftführenden Kanäle laufen in feine Gänge aus, die wiederum häufig miteinander und mit gröberen Ästen anastomosieren.

Fig. 22. *Nisus comunis* Cuv. Photoxylin-Korrosionspräparat, Dorsalansicht.
Leider sind hier nur die gröberen Luftwege, die Luftsäcke und die Dorsalbronchien erhalten. In Ermangelung der feineren Zweige und Kanäle treten aber die letzteren charakteristisch in den Vordergrund und lassen ihre ganze Ausdehnung auf der dorsalen Lungenhälfte erkennen. Die Kaliberunterschiede erscheinen nicht so hoch wie bei den letzten Arten.

Fig. 23. *Corvus corone* Lath. Photoxylin-Korrosionspräparat, Dorsalansicht.
Die Krähenlunge repräsentiert ein hochentwickeltes Atmungsorgan, gröbere und fein gestaltete Luftwege wechseln miteinander ab. Sie schließt sich in ihrem Bau an die guten Fliegerarten an und ähnelt besonders der in Figur 14 dargestellten Schnepfenlunge.

Fig. 24. a. *Gymnocephalus calvus,* b. *Molothrus bonariensis* und c. *Spermestes Swinhoe.* Photoxylin-Korrosionspräparate, Dorsalansichten.
Die drei Ausgüsse von Lungen kleinerer Vogelarten bieten untereinander keine wesentlichen Unterschiede. Die Dorsalbronchien überfluten wie von einem Punkte abgehend strahlenförmig die Lungenoberfläche und verästeln sich meist einseitig in parallel nebeneinander verlaufende Kanäle. Beachtenswert ist noch, daß sich die Weitenverhältnisse der Luftwege in geringen Grenzen bewegen, charakteristisch für diese kleineren Arten ist aber die eigenartige Ausbreitung der Dorsalbronchien.

Fig. 25. a. *Passer dom.,* b. *Molothrus bonar.,* c. *Spermestes Swinhoe.* Photoxylin-Korrosionspräparate, Dorsalansichten.
Diese Lungenpräparate reihen sich völlig an die bei No. 24 konstatierten Verhältnisse an.

Fig. 26. *Emberiza schoeniclus* Linné. Photoxylin-Korrosionspräparat, Dorsalansicht.
Hier sehen wir die Lunge eines kleinen Vogels im Zusammenhang mit dem stark entwickelten Luftsacksystem.

Fig. 27. *Dendrocopus major* Koch. Photoxylin-Korrosionspräparat, Dorsalansicht.
Die Lunge des Buntspechts erinnert an jene von Corvus corone, was feine Verästelungen anlangt, besitzt aber in der Anordnung der Dorsalbronchien auch Ähnlichkeit mit der Lunge kleinerer Vogelarten. Rings von voluminös angelegten Luftsäcken umschlossen hebt sich die zierliche Bronchialentfaltung markant ab.

Fig. 28. *Chrysotis amazonica* Swains. Photoxylin-Korrosionspräparat, Dorsalansicht.
Diese Lunge zeigt eine normale Gestaltung und große Ähnlichkeit mit dem Präparat 22. Durch Abtragung eines Teiles des Kanalbezirkes am rechten Lungenflügel wird der Verlauf des Mesobronchium und der von ihm entspringenden Äste deutlich sichtbar.

Fig. 29. *Psittacus erithacus* Linné. Photoxylin-Korrosionspräparat, Dorsal- und Ventralansicht.

Auf Dorsal- und Ventralfläche kehren hier die bereits des öfteren erwähnten Zustände in normaler Weise wieder. Auf der Ventralseite tritt besonders günstig die grobe Bronchialverästelung der vorderen Lungenhälfte hervor, während auf der hinteren Fläche das dunkel schattierte Kanalsystem erscheint.

Die Figuren 30—32 stellen Korrosionen der Pulmonalis einzelner Vogellungen dar, um die gröberen Verzweigungszustände dieses hochwichtigen Gefäßstammes zu demonstrieren.

Fig. 30. a. *Cereopsis Nova-Hollandiae* Lath., b. *Peruis apivorus* Gray, c. *Chrysotis amazonica* Swains. Photoxylin-Korrosionspräparate, Pulmonalis.

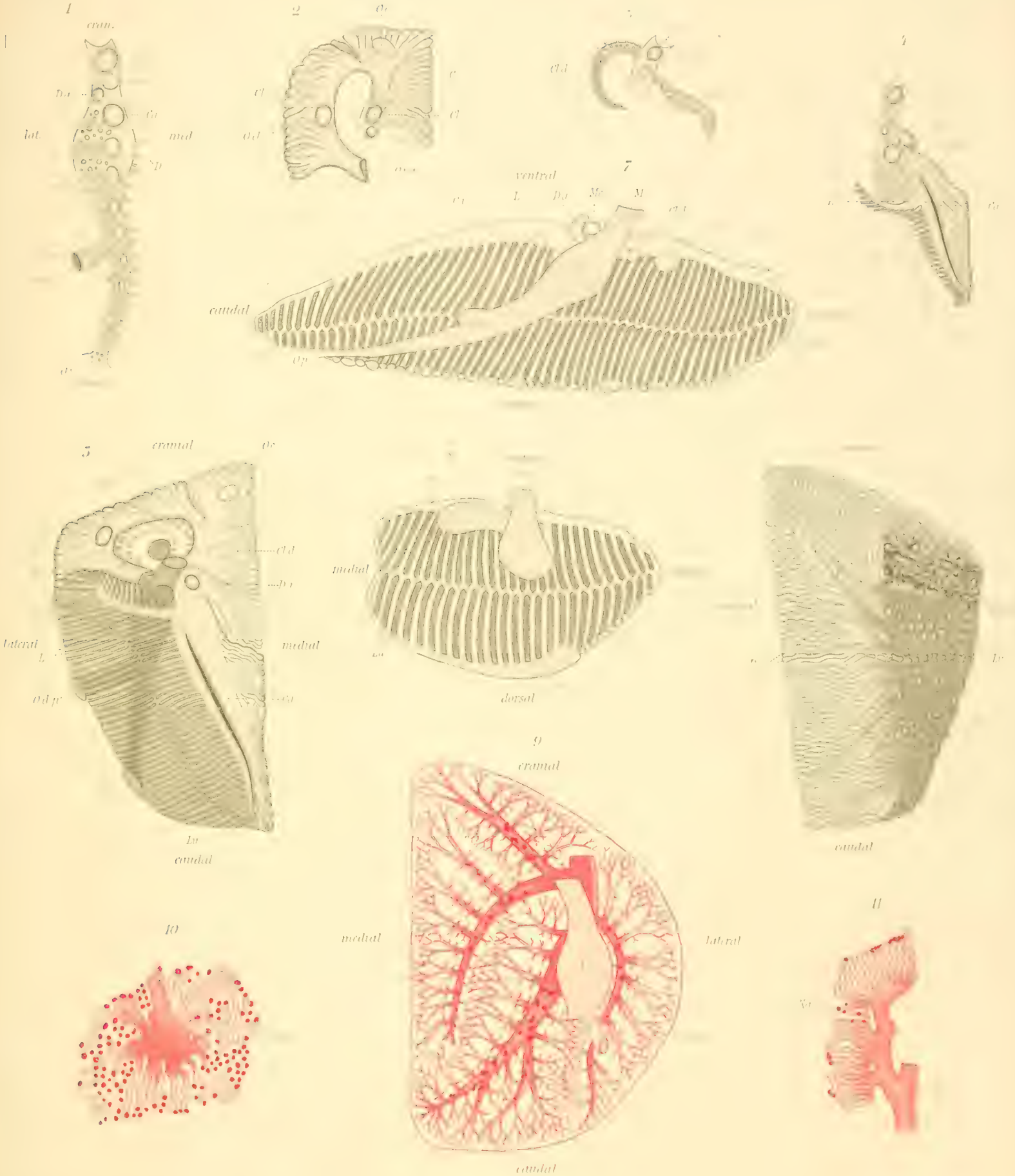
Bei genauer Betrachtung der drei Ausgüsse kann man sich von der streng dichotomischen Teilungsweise der Blutgefäßstämme überzeugen. Die Hauptstämme ziehen mitten durch die Lungensubstanz und sind allseitig von zahlreichen Ästen umgeben, die sich ihrerseits bekanntlich nach weiteren dichotomischen Teilungen in dichte Knäuel von Kapillaren auflösen.

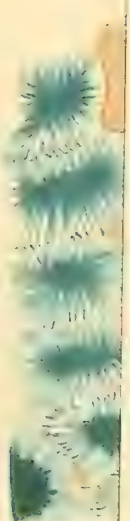
Fig. 31. *Gymnocephalus calvus* Geoffr. Celluloid-Korrosionspräparat, Pulmonalis.

Der vorliegende Ausguß ist vollständig erhalten und kann auch als Beleg meiner Darlegungen über die Verzweigung der Pulmonalis dienen. Das erste Bild (links) zeigt die ventrale, das zweite (rechts) die dorsale Ansicht.

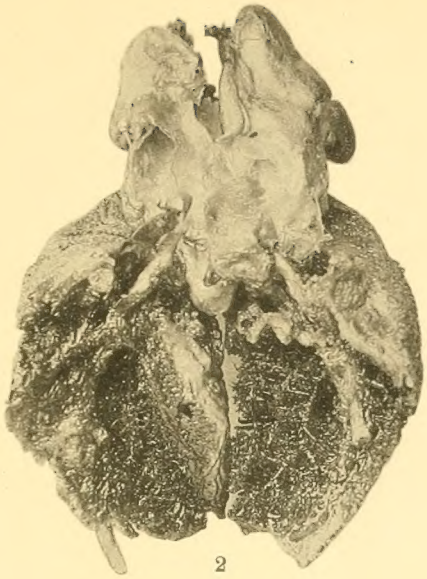
Fig. 32. *Chrysotis amazonica* Swains. Photoxylin-Korrosionspräparat, Pulmonalis.

Auch das letzte der Präparate kann den beschriebenen Verlauf der Pulmonalis bestätigen; bei Lupenbetrachtung wird die Verfolgung auch der feineren Ästchen ermöglicht.


1
cran.
lat.
med
2
3
4
ventral
7
caudal
5
cranial
lateral
medial
caudal
medial
dorsal
9
cranial
medial
lateral
caudal
10
11

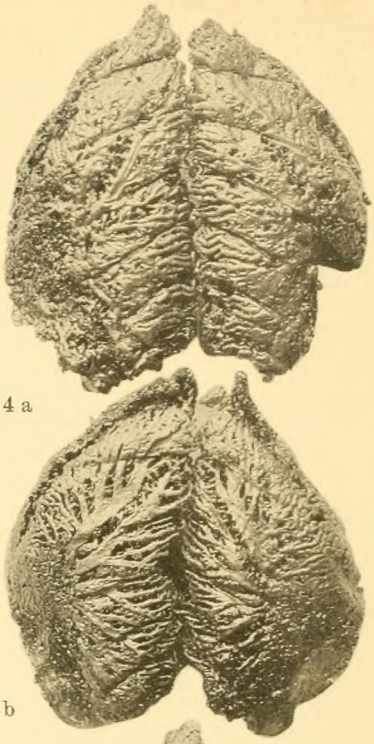


1



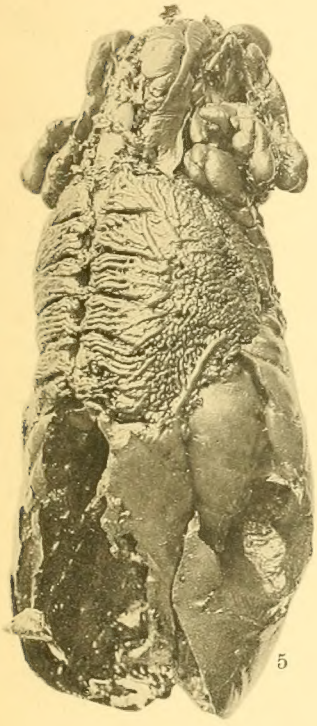
2

3

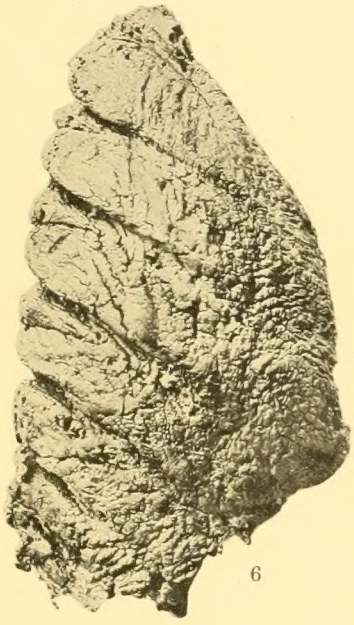


4 a

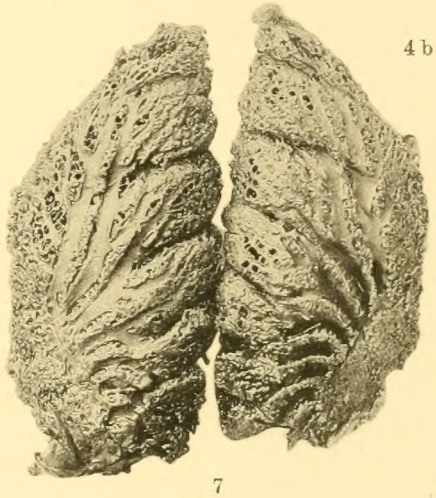
4 b



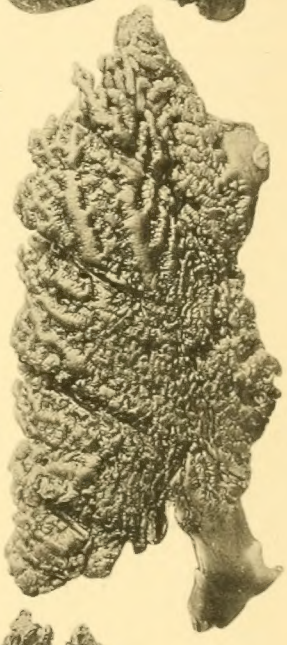
5



6



7

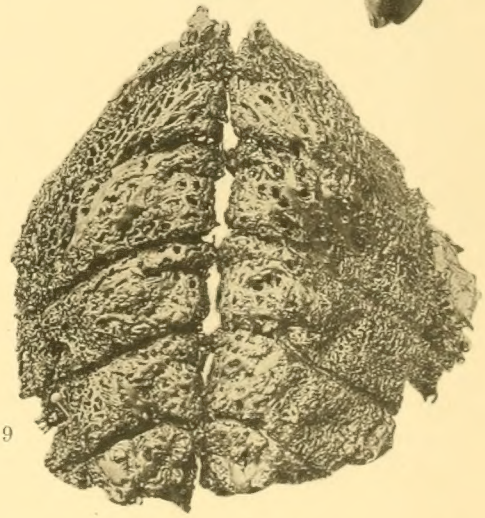


8

10

11

12



9

Verlag von Erwin Naegele in Stuttgart.

Lichtdruck: E. Schreiber, Stuttgart

SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES
3 9088 00688 7111